



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO

FLÁVIA CRISTIANE VIEIRA DA SILVA

RESOLUÇÃO DE UMA SITUAÇÃO-PROBLEMA SOBRE RADIOTERAPIA PARA
CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE NO ENSINO SUPERIOR DE
QUÍMICA

Recife, Março de 2013

FLÁVIA CRISTIANE VIEIRA DA SILVA

RESOLUÇÃO DE UMA SITUAÇÃO-PROBLEMA SOBRE RADIOTERAPIA PARA
CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE NO ENSINO SUPERIOR DE
QUÍMICA

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências – PPGEC da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Orientadora: Angela Fernandes Campos, Dra.
Co-Orientadora: Maria Angela Vasconcelos de Almeida, Dra.

Recife, Março de 2013

FLÁVIA CRISTIANE VIEIRA DA SILVA

RESOLUÇÃO DE UMA SITUAÇÃO-PROBLEMA SOBRE RADIOTERAPIA PARA
CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE NO ENSINO SUPERIOR DE
QUÍMICA

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Ensino
das Ciências, pelo Programa de Pós-Graduação
em Ensino das Ciências – PPGEC da
Universidade Federal Rural de Pernambuco –
UFRPE.

Orientadora: Angela Fernandes Campos, Dra.
Co-Orientadora: Maria Angela Vasconcelos de
Almeida, Dra.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Angela Fernandes Campos, Dra. (Orientadora)
UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Maria Angela Vasconcelos de Almeida, Dra. (Co-Orientadora)
UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Carlos Neco da Silva Júnior, Dr.
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Marcelo Brito Carneiro Leão, Dr.
UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Anna Paula de Avelar Brito Lima, Dra.
UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Recife, Março de 2013

*Para meus pais Edvaldo e Edilene
e minhas irmãs Edivania e Karla.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar força nos momentos de dificuldades e o apoio dos familiares, amigos e professores que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos que conquistei durante o mestrado nos nomes de Daniele Alves, Maurílio Mendes, Caio Bispo, Joseane Santos e Rubens Filipe, pelos momentos vividos, sorrisos, experiências compartilhadas e trabalhos realizados.

Ao professor José Euzébio pela colaboração para a realização da pesquisa.

Agradeço a, Gil, Hemerson, Carina, Val, Gustavo, Pedro, Josenildo, Joseane, Clara, Aline, Monica, Daniela, João, Euzébio e aos Guerreiros, além de tantos outros amigos indispensáveis para o meu desenvolvimento pessoal.

Agradecimentos especiais para minhas orientadoras Angela Campos e Angela Almeida, pela paciência e dedicação.

Ao professor Cristiano Marcelino e Marcelo Carneiro Leão pelas palavras de incentivo para ingressar no mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências, dentre os quais gostaria de citar Anna Paula e Analice, minha admiração e agradecimento.

“Nada permanece inalterado até o fim”
Zeca Baleiro

RESUMO

O presente estudo procurou investigar como a resolução de uma Situação-Problema, através de abordagem com elementos do Ensino Por Pesquisa, contribui para a construção de conceitos relacionados à radioatividade. Para compor a proposta didática foram utilizados uma charge, duas simulações, aulas teóricas e um texto adaptado, com o objetivo de enriquecer as discussões sobre a temática da situação-problema proposta e possibilitar a construção de conceitos necessários para responder a mesma. Participaram da pesquisa 21 alunos, do 5º ao 9º período, do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada e um professor da mesma instituição. Para coleta e construção dos dados foram utilizados duas formas de registro: o escrito e vídeo com áudio. Os dados foram analisados qualitativamente, utilizando dados quantitativos para sistematização dos resultados. Durante todas as etapas realizadas foi possível observar a participação dos alunos em um ambiente de constante construção e reconstrução do conhecimento. Com o levantamento de hipóteses foi possível perceber as representações dos alunos em relação à temática da situação-problema que, após atividades realizadas, puderam construir uma resposta final, resultado da conclusão do grupo. As respostas dadas a situação-problema mostram que os licenciandos utilizaram as informações trazidas por todos os instrumentos didáticos disponibilizados. Os participantes destacam o trabalho cooperativo, a construção do conhecimento e o desejo pela pesquisa como alguns dos pontos relevantes que este tipo de abordagem proporciona. A construção da situação-problema a partir de uma situação adaptada de um contexto real é uma boa alternativa para a construção de conceitos de radioatividade, pois, permite o desenvolvimento da temática e a construção do conhecimento sob o ponto de vista de diversos aspectos de conhecimento químico.

Palavras-Chave: Situação-problema. Radioatividade. Radioterapia. Ensino Por Pesquisa.

ABSTRACT

This study intends to research how resolution of a problem situation using elements from teaching through research approach contributes to concepts construction related to radioactivity. To compose the didactic proposal we used a cartoon, two simulations, theoretical classes and a adapted text, in order to improve discussions on the issue in the problem situation proposed and to allow the construction of concepts needed to answer it. For data collection and construction we used two ways of record: notes and videography. Participants were 21 students from 5th to 9th period Degree in Chemistry at the Universidade Federal Rural de Pernambuco - Academic Unit of Serra Talhada and a professor at the same institution. The data were analyzed qualitatively using quantitative data to systematize the results. During all stages it was possible to observe the participation of students in an environment of constant construction and reconstruction of knowledge. With the raising of hypotheses was possible to realize the student's representations regarding to the issue of problem situation, after activities, could construct a final answer, a result of the conclusion of the group. The answers given to the problem situation show undergraduates have used the information brought by all the teaching tools available. Participants highlighted the collaborative work, the construction of knowledge and the desire for research as some of the relevant points that this approach provides. The construction of the problem situation from a situation adapted from a real context is a good alternative for building concepts of radioactivity, because allows the development of this subject and the construction of knowledge from the point of view of various aspects of chemical knowledge.

Keywords: problem situation, radioactivity, radiotherapy, teaching through research

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	ENSINO SUPERIOR EM LICENCIATURA EM QUÍMICA: UMA BREVE REFLEXÃO SOBRE OS PRESSUPOSTOS PARA A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE QUÍMICA	14
2.2	MODELOS DE ENSINO	18
2.2.1	Modelo de Ensino Por Transmissão (EPT)	19
2.2.2	Modelo de Ensino Por Descoberta (EPD)	22
2.2.3	Modelo de Ensino para a Mudança Conceitual (EMC)	24
2.2.4	Modelo de Ensino Por Pesquisa (EPP)	28
2.3	O ENSINO GUIADO POR SITUAÇÃO-PROBLEMA E SUA RELAÇÃO COM ENSINO POR PESQUISA	32
2.3.1	Situação-Problema	33
2.3.2	CrITÉRIOS a serem considerados ao construir uma Situação-Problema	35
2.3.3	Sobre como trabalhar com Situação-Problema no Ensino Por Pesquisa	37
2.4	A AVALIAÇÃO DO TRABALHO COM SITUAÇÃO-PROBLEMA NO ENSINO POR PESQUISA	39
2.5	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A RADIOATIVIDADE E O DECAIMENTO RADIOATIVO	41
3	CAMINHO METODOLOGICO	46
3.1	CONTEXTO DA PESQUISA	47
3.2	ORGANIZAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA	47
3.2.1	Pesquisa bibliográfica	47
3.2.2	Construção das afirmativas – Levantamento de concepções prévias	49
3.2.3	Construção da Situação-Problema	50
3.2.4	Elaboração do Guia para Análise da situação-problema e levantamento de hipóteses.	53
3.2.5	Escolha da Charge utilizada na intervenção	53
3.2.6	Escolha das simulações utilizadas na intervenção	54
3.2.7	Seleção e adaptação de texto utilizado na intervenção	56
3.2.8	Elaboração da avaliação da proposta didática	56
3.3	ETAPAS DE APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA	56
3.4	METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS E CONSTRUÍDOS	61

3.4.1	Metodologia de análise dos artigos sobre ensino e aprendizagem de radioatividade	61
3.4.2	Metodologia análise das concepções prévias dos alunos	62
3.4.2.1	Metodologia de análise das concepções prévias dos licenciandos – Afirmativas	62
3.4.2.2	Metodologia de análise do levantamento de hipóteses	64
3.4.3	Metodologia análise das interações professor-aluno durante abordagem teórica	65
3.4.4	Metodologia análise da resposta à situação-problema	65
3.4.5	Metodologia análise da avaliação da proposta didática	66
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1	ANÁLISE DOS ARTIGOS SOBRE ENSINO E APRENDIZAGEM DE RADIOATIVIDADE	67
4.2	ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ALUNOS	76
4.2.1	Análise das concepções prévias dos licenciandos – afirmativas	76
4.2.2	Análise do levantamento de hipóteses	84
4.3	ANÁLISE DAS INTERAÇÕES PROFESSOR-ALUNO DURANTE ABORDAGEM TEÓRICA	88
4.4	ANÁLISE DA RESPOSTA À SITUAÇÃO-PROBLEMA	89
4.5	ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA	96
5	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	102
	REFERÊNCIAS	105
	APÊNDICE A – AFIRMATIVAS PARA LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS SOBRE RADIOATIVIDADE	111
	APÊNDICE B – TEXTO - RADIOISÓTOPOS: DIAGNÓSTICO E TERAPÊUTICO	113
	APÊNDICE C – AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA	114

1 INTRODUÇÃO

A Química está inserida numa área que possibilita múltiplas abordagens pelas quais o saber pode ser estudado. Naturalmente, essas abordagens pedem que os conteúdos sejam organizados e estruturados, de forma articulada com os temas sociais, necessários à formação do cidadão, no enfoque de situações reais que facilitem sua ação sobre o mundo. É o que apontam as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCM), que traz a visão das Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) de a Química, juntamente com as demais disciplinas que compõe a área Ciências da Natureza, fazer parte de um universo cultural de investigação da natureza e do desenvolvimento tecnológico. Juntamente com a escola, a Química pode compartilhar e articular linguagens e modelos que compõem sua cultura, “estabelecendo mediações capazes de produzir o conhecimento escolar, na inter-relação dinâmica de conceitos cotidianos e científicos diversificados” (BRASIL, 2006, p.103).

Deste modo, entende-se que ao ensinar Química, particularmente no Ensino Médio, o professor precisa se apropriar de novas dinâmicas no processo de ensino e aprendizagem, para inserir essas e outras abordagens em suas salas de aula. Do contrário, a Química será marcada por questionamentos do por que e para que se deve aprendê-la (CARDOSO; CONLIVAUX, 2000), já que os alunos não encontrarão sentido para a matéria estudada. Autores como Zanon e Palarini (1995) e Martins (2002) apontam a descontextualização e o ensinar os conteúdos científicos através de uma abordagem desvinculada da realidade sociocultural dos sujeitos a quem se objetiva ensinar como uma das razões para o insucesso escolar.

Nossa reflexão inicial dá-se com a compreensão de que é possível mudar o quadro do insucesso escolar em Química e contribuir para o que os alunos se interessem por essa ciência. Para isso, é preciso que os professores se distanciem do ensino tradicional, marcado pela transmissão excessiva de conteúdo, e se apropriem de novas abordagens de ensino, inovadoras, capazes de relacionar o conhecimento científico com o contexto social, dando sentido a eles. O professor passa, então, a ter que criar contextos de aprendizagem, modelos de ensino, que permitam aos alunos deixar de ser sujeitos passivos, preocupados apenas em recuperar informações quando solicitados, ou seja, não só preocupados em aprender e reproduzir, mas, sobretudo, aprender a aprender e que utilizem esses conhecimentos ao longo de sua vida (CYRINO; TORALLES-PEREIRA, 2004; LEITE; ESTEVES, 2005).

É preciso que o professor incorpore ao ensino abordagens dos conteúdos através de atividades que favoreçam a contextualização com a realidade desses sujeitos, a fim de que haja uma

aprendizagem significativa. Meirieu (1998) afirma que aprender é compreender, para isso é preciso que o aluno traga consigo parcelas do mundo exterior, integre-as ao seu universo e assim construa sistemas de representação cada vez mais apropriados, isto é, que o forneçam cada vez mais possibilidades de ação sobre o mundo.

Acreditamos ser necessário que professores, na sua formação inicial, entrem em contato com metodologias coerentes com a “forma” de ensinar que se deseja que eles pratiquem. Essa forma de ensinar está ligada diretamente ao modelo de ensino que é próprio de cada professor. Isto porque, as pesquisas em Didática das Ciências apontam que os futuros professores mantêm ideias, atitudes e comportamentos em relação ao ensino e a aprendizagem de Ciências, semelhantes aos que foram sujeitos enquanto estudantes (MURRAY-HARVEY; SLEE, 2000; GIL PÉREZ, 1996, MALDANER, 1999), logo, as abordagens dos conteúdos de Química já nas licenciaturas poderão ser feitas através de estratégias de ensino diferenciadas. Nesta perspectiva, concordamos com Martins (2002) que é necessário que o Ensino de Ciências, e de forma particular o Ensino de Química nas Licenciaturas, deve selecionar conceitos referentes à Ciência e à Tecnologia que levantem questões atuais da sociedade. A forma como o ensino é guiado nas salas de aula da Licenciatura em Química deve possibilitar a formação desses futuros profissionais, atentando às necessidades desta sociedade que é cada vez mais complexa.

Fomos encaminhados para a escolha da temática radioatividade primeiramente por esta temática não ter sido inserida em nenhum momento durante a minha formação da licenciatura em Química, o que dificultou, em certa medida, a sua abordagem na minha prática em sala de aula do Ensino Médio. A escolha também foi motivada pelo fato do estudo da radioatividade envolver questões tais como: energia, meio ambiente, acidentes nucleares, lixo atômico, medicina, etc. Além disso, o estudo da radioatividade envolve:

A compreensão das transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos; o conhecimento da 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 e avaliação dos efeitos biológicos e ambientais, assim como medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes (BRASIL, 2002, p. 78).

Ao levantarmos a problemática do ensino de radioatividade consideramos que, mesmo sendo uma temática de grande relevância para a sociedade atual, em alguns cursos de Licenciatura em Química, não é possível, até então, encontrá-la na matriz curricular, como é o caso da Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade

Acadêmica de Serra Talhada, logo, possivelmente, muitos professores formados até o presente ano, podem ter tido lacunas em relação a essa temática. Essas lacunas podem fazer com que esse conteúdo não esteja presente no planejamento de suas aulas. Vale destacar que o currículo de Química nesta Universidade encontra-se em fase de modificação, assim o conteúdo de “radioatividade” poderá ser inserida nos próximos semestres em alguma das disciplinas de Química, porém, até o encerramento deste trabalho, não foi identificado em que momento isto irá acontecer.

Compreendemos que uma forma de permitir que futuros professores de Química construam conceitos referentes à radioatividade, passando a abordá-los em suas futuras salas de aula, é através de estratégias de ensino, entre elas abordagens problematizadoras, incluindo elementos do Ensino por Pesquisa¹. De acordo com Azevedo (2004), é necessário incluir nos cursos de Ciências um planejamento que envolva questões abertas e problemas abertos, com o objetivo de levar os alunos a pesquisar, a pensar, a debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas.

Segundo diversos autores (POZO; CRESPO, 2009, MEIRIEU, 1998; CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2002, MACEDO, 2002, AZEVEDO, 2004), é preciso que sejam realizadas diferentes atividades, que devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, e envolvendo a resolução de problemas, para que, assim, coloque-se o aluno em situação de construção/reconstrução de seus conhecimentos. Isso só é possível quando é estabelecido no sujeito um conflito entre as suas representações e aquelas que lhe são apresentadas. Esse conflito se dá de forma complexa.

Para Meirieu (1998), essa complexidade pode ser incluída nas salas de aula através de uma “situação-problema” e é ela que põe o sujeito em ação, colocando-o em uma interação ativa entre suas representações e aquelas introduzidas pelo educador. Essa situação-problema fornece a interação entre o conhecimento do aluno e a realidade escolar, sendo fundamental como ponto de partida para que os licenciandos tenham condições de compreender a dinâmica dessa estratégia didática e ser possível organizar suas futuras práticas nessa perspectiva. Neste sentido, o presente estudo teve como proposta a resolução de uma situação-problema sobre radioterapia como estratégia didática no Ensino Superior de Licenciatura em Química, para a construção de conceitos de radioatividade.

A partir dessas reflexões, surgiu então o seguinte problema de pesquisa:

¹ Adotamos o termo “ensino por pesquisa” defendido pelos autores Cachapuz, Praia e Jorge (2002), porém em alguns momentos referenciaremos outros autores que tratam da temática utilizando o termo “ensino por investigação”, como Azevedo (2004).

Como a resolução de uma Situação-Problema, através de abordagem com elementos do Ensino Por Pesquisa (EPP), contribui para a construção de conceitos relacionados à radioatividade?

A fim de responder esse problema de pesquisa temos como objetivo geral:

- ✓ Investigar como a resolução de uma Situação-Problema, através de abordagem com elementos do Ensino Por Pesquisa, contribui para a construção de conceitos relacionados à radioatividade.

E como objetivos específicos:

- ✓ Analisar artigos referentes a ensino e aprendizagem de radioatividade;
- ✓ Analisar as concepções prévias dos alunos sobre a temática radioatividade;
- ✓ Avaliar como os instrumentos didáticos, utilizados na sequência didática com elementos do Ensino por Pesquisa, contribuem para a resolução da situação-problema proposta;
- ✓ Identificar se a resolução da situação-problema contribui para a aprendizagem dos conceitos de radioatividade.

A fim de dar suporte ao nosso estudo, na **seção 2** apresentamos a fundamentação teórica abordando os seguintes temas: O ensino superior na Licenciatura em Química; Modelos de ensino; Características do ensino a partir de uma situação-problema; A organização do ensino a partir de uma situação-problema e o ensino por pesquisa e sobre conceitos relacionados à radioatividade.

Na **seção 3** mostramos o caminho metodológico seguido nesta investigação, que consistiu nas seguintes etapas: Descrição do contexto da pesquisa; Organização da proposta didática; Etapas de aplicação da proposta didática e Análise dos dados coletados e construídos.

A **seção 4** foi reservada para apresentação dos resultados e a análise dos dados coletados e construídos.

Para as considerações finais, bem como sugestões para possíveis desdobramentos da pesquisa, reservou-se a **seção 5**.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fim de embasar nossa proposta de pesquisa, apresentaremos alguns pressupostos teóricos que deram suporte a nossa investigação. Começaremos inicialmente a dialogar com alguns autores que versam sobre o Ensino Superior em Licenciatura em Química, em particular como este deve ser organizado, em seguida, será feita uma breve descrição sobre os modelos de ensino, resgatando desde as perspectivas de ensino mais tradicionais até chegar ao Modelo de Ensino por Pesquisa. Também dialogaremos com alguns autores sobre a organização do ensino a partir de uma situação-problema. Consideraremos também a discussão de conceitos referentes à temática radioatividade.

2.1 ENSINO SUPERIOR EM LICENCIATURA EM QUÍMICA: UMA BREVE REFLEXÃO SOBRE OS PRESSUPOSTOS PARA A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE QUÍMICA

Concordamos com Maldaner (2000), quando o autor afirma que existe um despreparo pedagógico dos professores universitários, de forma que afeta a formação em Química de maneira geral, não só dos licenciados. Isso faz com que esses futuros químicos, no nosso caso, mais especificamente, os futuros professores de Química, não consigam, por exemplo, articular o conhecimento científico e o conhecimento do senso-comum. Ao não considerarem este último em sua prática, acabam fazendo com que os seus alunos não alcancem os objetivos esperados ao final do ensino básico, dentre os quais podemos destacar a capacidade de se posicionar, julgar, tomar decisões, responsabilizando-se por estas (BRASIL, 2006).

Encontramos em Chassot (2004) *apud* Amaral, Xavier e Maciel (2009), algumas características que contribuem para a ineficiência do Ensino de Química, dentre elas destacam-se: o ensino asséptico, abstrato, dogmático e avaliado de uma maneira ferreteadora.

Essas características apontam para um ensino que mostra uma ciência fechada, onde os conteúdos curriculares são organizados de maneira acrítica, descontextualizada, apresentando uma ciência imune aos acontecimentos cotidianos, não influenciando e nem sendo influenciada por eles. É cada vez mais necessária uma atenção à predominância, na sala de aula, deste tipo de ensino, de modo que seja possível buscar formas de mudar essa realidade. Começando, inicialmente, com a formação do professor de Química.

Garcia e Kruger (2009, p. 2218), ao discutirem a implantação das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores para a Educação Básica (DCNEB), afirmam como a formação do professor de Química deve ocorrer. Para eles:

A formação de um professor [...] deve ocorrer de modo que ele consiga inserir em seu planejamento pedagógico a problematização dos fatos cotidianos, chamando a atenção do aluno para a necessidade de estudá-las de forma sistematizada, buscando conhecer seus princípios científicos.

Assim, percebemos a necessidade de se superar os obstáculos que causam a ineficiência no Ensino de Química, de modo que essa superação pode ser iniciada se, nos cursos de Licenciatura, as práticas dos professores forem coerentes com essa perspectiva, a fim de que os futuros professores comecem a compreender a importância de levar em consideração a conexão entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico, estabelecendo relações entre eles, passando a abordá-las na sua prática escolar.

Segundo Santos e Mortimer (2009), o ensino deve ser mediado pelo mundo, por meio de uma educação problematizadora, que tenha caráter reflexivo, de desvelamento da realidade. Para os autores o diálogo em sala de aula deve começar com a reflexão sobre a condição dos alunos no mundo, frente aos desafios postos pela Ciência e pela tecnologia. O ensino de Química deve proporcionar momentos de discussão sobre as implicações da Ciência e da tecnologia na vida dos licenciandos e dos indivíduos de maneira geral.

As DCNEB enfatizam o desenvolvimento de competências na identidade do professor, o que para Garcia e Kruger (2009), devem ser constituídas além dos conhecimentos específicos e pedagógicos, da compreensão do papel social da escola.

Esse papel social pode ser compreendido quando o Ensino de Química, como já explicitado anteriormente, traz o mundo dos licenciandos para a sua formação; como afirma Mortimer (1992), para isso, é necessário iniciar o estudo de determinado assunto em Química conhecendo o que esses futuros professores, apresentam sobre esse assunto no nível do senso-comum.

Dessa forma, torna-se essencial criar situações em sala de aula que tenham relação com sua vivência ou, tomando por base o contexto, um experimento, um fenômeno provocado sob orientação do professor, um fato do cotidiano, um texto. Amaral, Xavier e Maciel (2009), defendem que a inserção das relações Ciência, Tecnologia e Sociedade no currículo escolar, propiciam o ensino por meio de resoluções de problemas, de confrontos de pontos de vista e de análise crítica de argumentos. Essa inserção possibilita a construção e/ou reconstrução dos conhecimentos por parte dos licenciandos.

Problematizar e refletir coletivamente sobre essas situações permite introduzir os conceitos da Química desde o início, acontecendo, então, a negociação e a constituição dos primeiros significados na direção da construção de conceitos na mente dos licenciandos.

Com a ausência de problematização do conhecimento químico na formação inicial do professor [de Química], “permanecem as crenças dos professores em uma ciência positiva ‘descoberta’ linearmente por pessoas especiais – os cientistas” (MALDANER, 2000, p. 61).

Logo, é necessário iniciar o estudo a partir dos significados e do ponto de vista, não daqueles que já sabe Química, mas dos que precisam construir seus conceitos. Esses passarão a se constituir na forma do pensamento químico exatamente porque começam a dominar novos instrumentos de pensamento sobre o meio, permitindo novas relações antes impossíveis (MALDANER, 1999). Além disso, como afirma Meirieu (1998), torna-se, também, necessário fornecer aos estudantes instrumentos que tragam elementos sem os quais seria impossível compreender os problemas.

Partir do que os licenciandos já sabem faz com que o professor formador procure estratégias de ensino que os levem a compreender suas concepções e de que maneira estas podem ser úteis. Trata-se do professor criar condições para facilitar a ocorrência da aprendizagem significativa nos seus alunos (SCHNETZLER, 1992).

É preciso discutir e modificar os modelos de ensino que estão sendo introduzidos aos alunos das licenciaturas se, após sua formação, almeja-se que estes exerçam sua prática de forma coerente com os objetivos do Ensino de Química. Isto porque, em sua prática profissional, nas salas de aula, os licenciandos continuarão a desenvolver o ensino de Química do jeito que o vivenciaram e acreditam ter aprendido Química (SCHNETZLER; ARAGÃO, 1995; GIL-PÉREZ, 1996; MALDANER, 1999).

Nas Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, é evidenciado que o Ensino de Química deve proporcionar uma formação ampla como forma de agir no mundo:

[...] considerando uma concepção ampla de formação escolar, entende-se e assume-se, aqui, que aos conhecimentos químicos está associado o desenvolvimento de habilidades para lidar com as ferramentas culturais específicas à forma Química de entender e agir no mundo, e que, por sua vez, um conjunto de habilidades associadas à apropriação de ferramentas culturais (conceitos, linguagens, modelos específicos) pode possibilitar o desenvolvimento de competências, como capacidade de articular, mobilizar e colocar em ação, e também de valores aliados aos conhecimentos e capacidades necessários em situações vivenciadas ou vivenciáveis (BRASIL, 2006, p. 116).

Ainda de acordo com essas orientações, o conhecimento escolar deve manter uma inter-relação dinâmica entre os conceitos cotidianos e químicos, de saberes teóricos e práticos, na perspectiva de um diálogo capaz de ajudar no estabelecimento de relações entre conhecimento diversificados, pela constituição de um conhecimento plural capaz de potencializar a melhoria de vida. Essas orientações, propostas para o Ensino Médio, devem fazer parte do cotidiano

dos cursos de licenciatura, já que os futuros professores irão atuar diretamente nesse nível de ensino.

Silva e Schnetzler (2006) afirmam que nas disciplinas específicas dos cursos de Licenciatura, pouco ou nenhuma consideração tem sido dada para elaborações pedagógicas facilitadoras de aprendizagem. Para as autoras isto se deve, usualmente, porque os professores/formadores vêm interpretando e mantendo um processo de ensino e aprendizagem em termos de transmissão-recepção, que atribui grande peso à quantidade de conteúdos científicos, e não a sua elaboração na sala de aula por parte dos alunos. Trevisan e Martins (2006) corroboram essa ideia ao falar que, “suas práticas, em sua maioria, priorizam a reprodução do conhecimento, a cópia, a memorização, acentuando a dicotômica teoria-prática presente no ensino” (p. 4).

Concordamos com Galiazzi e Moraes (2002) quando afirmam que para superar a aula caracterizada pela simples cópia, é preciso que os alunos das licenciaturas sejam formados com base no uso da pesquisa como atitude cotidiana na sala de aula. Nesta perspectiva de ensino, os licenciandos passam de objetos para sujeitos das relações pedagógicas, assumindo-se autores da sua própria formação. O desafio do professor é conseguir converter os conteúdos a serem trabalhados em pesquisa. Ao tornar as aulas um ambiente de construção e reconstrução de saberes através da pesquisa, o professor passa a ser um mediador que guia a aula considerando o que os alunos sabem, levando-os a se perceber aprendendo.

É nesse contexto que, no Ensino de Química, o professor deve compreender que o que os licenciandos aprendem depende tanto do que já trazem, isto é, de suas concepções prévias sobre o que se quer ensinar, como também das características do modelo de ensino adotado pelo professor. Logo, o ensino deve ser organizado a partir das concepções já existentes (SCHNETZLER, 1992).

De acordo com Ramos, Galiazzi e Moraes (2010), o trabalhar com pesquisa em sala de aula muda as regras do jogo do ensinar e do aprender, os caminhos são construídos em cooperação entre as partes com o objetivo de reconstruções coletivas de conhecimentos, nas quais não se sabe mais quem aprende e quem ensina, pois professores e alunos se tornam aprendentes e ensinantes.

Dessa forma é possível ir além de um ensino simplista, caracterizado pela cópia e posterior reprodução, para que os licenciandos levem as suas futuras salas de aula uma nova visão de Ciência, humana, dinâmica e complexa. Conforme afirma Maldaner (2000, p. 71), “a mediação e/ou a negociação de novos sentidos e significados sobre o ensino de Química poderia levar os professores a novos níveis de prática”. Neste sentido vale salientar que esse

novo nível de prática está relacionado à forma como as aulas são conduzidas, e de acordo com autor, a comunicação adquire uma grande importância na construção/reconstrução cultural e no desenvolvimento das pessoas, encarado também como um dos objetivos que o ensino de Química deve buscar alcançar.

O papel do professor de Química, e de Ciências de uma forma geral, é fundamental, na medida em que ele deve proporcionar a socialização do saber científico que histórica e socialmente tem sido construído e, assim, deve ser tratado e entendido como parte da cultura humana nas salas de aula (SCHNETZLER, 1992).

Destacamos e concordamos com outro aspecto importante defendido por Ramos, Galiazzi e Moraes (2010). Para os autores, na formação inicial de professores, a problematização da realidade escolar e do conhecimento que cada um tem sobre essa realidade é fundamental como ponto de partida e como modo permanente de manutenção do processo. É dessa forma que os licenciandos se apropriam dessa realidade, possibilitando que eles tenham condições de organizar suas práticas nessa perspectiva de ensino.

A seguir, discutiremos os modelos de ensino a fim de traçar características dos mesmos de forma a explicitar a importância da resolução de uma situação-problema, utilizando elementos do Ensino Por Pesquisa, para organizar uma sequência didática de ensino.

2.2 MODELOS DE ENSINO

Barreiro (1994) aponta que os modelos de ensino surgem para preencher o vazio entre a teoria e a prática, sendo a sua função prescrever como deve se concretizar o ensino. Afirmando ainda não existir um modelo perfeito, que existirão, provavelmente, modelos mais adequados para determinados objetivos. “Os modelos de ensino são meios para se atingir ampla variedade de propósitos” (idem, p. 111). Em nosso entender, toda prática exercida pelo professor está impregnada de teoria e, mesmo que este não tenha claro isso em sua mente, é possível identificá-la ao ocorrer o processo de ensino e aprendizagem.

Muitas vezes, os modelos vigentes estão de acordo com as teorias defendidas em uma determinada época. Nas últimas décadas, segundo Maldaner (2000), tivemos vários modelos de ensino e aprendizagem, uns foram, de acordo com sua época, hegemônicos, outros, apesar de terem grande repercussão na área da pesquisa educacional, não conseguiram seu espaço nas salas de aula. Discutir a questão histórica e epistemológica do contexto no qual estes se estabeleceram foge do escopo desta investigação logo, iremos abordá-los destacando suas características e os papéis dos diferentes atores envolvidos no processo de ensino e aprendizagem em cada um dos modelos destacados.

Acreditamos ser pertinente a reflexão de Pozo e Crespo (2009) sobre o que eles chamam de forma de ensinar. Para os autores não existem ‘boas’ ou ‘más’ formas de ensinar, o que deve ser levado em consideração na hora de defender e/ou seguir um modelo de ensino é a concepção de ensino e aprendizagem do professor. Em nosso entender, a postura do professor sempre seguirá aquilo que ele acredita ser coerente, ou seja, sua concepção, então um professor pode utilizar diversos instrumentos que possibilitaria uma abordagem inovadora, porém, se sua postura não for inovadora, a aula continuará com características de um ensino mais tradicional. Consequentemente, o enfoque adotado por cada professor influenciará na dinâmica em sala de aula, determinando as relações entre os atores envolvidos. Os principais modelos de ensino serão destacados a seguir.

2.2.1 Modelo de Ensino Por Transmissão (EPT)

O modelo de Ensino Por Transmissão (EPT) caracteriza-se por sua natureza memorística e repetitiva, tendo como principal enfoque o conhecimento que deve ser repassado ao aluno, de forma pronta e acabada pelo professor. Esse conhecimento pronto e acabado é, segundo Santos (2005), acumulado pela humanidade ao longo do tempo e deve ser transmitido aqueles que não o possuem.

Decerto, ao ter o compromisso de transmitir informações aos que não a possuem, nesta abordagem, o professor traz consigo uma concepção de ensino que considera os conteúdos científicos segmentos de informações que devem ser depositados na cabeça “vazia” dos alunos, conforme afirma Schnetzler (1992). O professor só se preocupa com aquilo que ele dirá aos alunos, consequentemente, com aquilo que ele espera que os alunos digam, ou seja, tudo que ocorrer em sala de aula deverá ter sido planejado anteriormente (CAMPOS; NIGRO, 1999).

O EPT permaneceu hegemônico até os anos 50-60 e era, de acordo com Maldaner (2000), aceito e disseminado pela comunidade pedagógica como paradigma alojado e em torno do qual se produzia saber, sendo, então, único caminho que o professor deveria seguir a fim de que os seus alunos alcançassem os objetivos esperados. Apesar de ter tido sua hegemonia nos anos 50-60, este modelo, chamado por Pozo e Crespo (2009), de tradicional, “continua sendo muito vigente em nossas salas de aula” (p.47), provavelmente um dos motivos encontra-se na dificuldade que os professores têm de abandonar o modelo através do qual foram formados.

Ao destacarmos a sala de aula nesta perspectiva de ensino, precisamos compreender o que tal modelo traz como características no que se refere ao papel que os atores envolvidos desempenham e a forma como o conhecimento científico é encarado.

É importante destacar o papel central dado ao professor no processo de ensino e aprendizagem que, diante dos alunos, silenciosos e passivos, fala aquilo que está presente nos livros-texto em aulas caracterizadas pela demonstração. O professor busca passar as informações de forma expositiva, a mais clara e rigorosa possível. Nesta dinâmica de aula, o aluno, tratado de forma isolada, deve copiar fidedignamente tudo aquilo que está sendo informado, em nenhum momento é levado em consideração o interesse dos alunos em relação aos conteúdos das disciplinas e ao que seria ou não relevante abordar em sala de aula (CAMPOS; NIGRO, 1999; CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2002; SANTOS, 2005; POZO; CRESPO, 2009).

Desse modo, durante as aulas, os alunos devem copiar os conteúdos e posteriormente reproduzi-los tal qual foi exposto pelo professor em avaliações que tem como principal objetivo verificar se o aluno conseguiu alcançar o nível esperado pelo professor. Lima, Aguiar Jr. e Braga (2000) destacam outra finalidade da avaliação no EPT. De acordo com os autores, a avaliação tem também o objetivo de verificar se o aluno possui um repertório adequado de definições e se é capaz de operacionalizar sua aplicação em exercícios padronizados, preferencialmente aqueles com algum tratamento matemático.

Como vimos, no EPT enfatiza-se o papel do professor, colocando-se em segundo plano o aluno, que em nada interfere na sua própria aprendizagem, como afirmam Vasconcelos, Praia e Almeida (2003):

O ensino por transmissão tem seu fulcro nas exposições orais do professor, que transmite as ideias aos alunos [...]. Nesta lógica instrucional de organizar o ensino, o aluno tem papel cognitivo passivo, sendo encarado como um mero receptáculo de informações que mais tarde serão úteis para a vida. [...] O papel tutelar do professor, que exerce autoridade face aos conhecimentos científicos, sobrepõe-se ao papel do aluno. Este [...] acumula saberes que deverá ser capaz de repetir fielmente (p. 12).

Ao se passar a imagem de uma ciência pronta e acabada, na qual os fatos que são informados falam por si só, decerto, esse modelo de ensino resume o papel do aluno a mero receptor, já que, nesta concepção de ensino, o conhecimento é dado como certo e inquestionável (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2002), selecionado e elaborado por outros (SANTOS, 2005). Naturalmente o processo passa a ser mecânico, tanto para o aluno, consumidor desses conhecimentos acabados (POZO, CRESPO, 2009), quanto para o professor, pois, conforme defende Schnetzler (1999), na medida em que o professor não sabe o que o aluno está sabendo sobre o conteúdo a ser ensinado e aprendido em termos cognitivos, não é possível que aquele possa tocá-lo, atingi-lo, envolve-lo quando se trata do processo de aquisição do conhecimento. Concordamos com Maldaner (2000) e Pozo e Crespo (2009) quando os autores apontam que, ao adotar o modelo de EPT, o professor considera que a ciência produz conhecimento válido,

verdadeiro, como saber absoluto e produto mais acabado da exploração humana, sendo este conhecimento um tradutor da realidade observável. Conforme Lima, Aguiar Jr. e Braga (2000), neste modelo o professor apresenta a ciência de modo organizado e hierarquizado sequencialmente através de um conjunto de conceitos e teorias científicas.

Nessa perspectiva, o professor deve cumprir o programa pré-estabelecido e ao final importa o resultado dos alunos quando submetidos a exames e testes. Para Coll (2000), este modelo de ensino centra-se única e exclusivamente na transmissão e no acúmulo de listas, que parecem não ter fim, de conhecimentos. O autor ainda acrescenta que: “as propostas curriculares elaboradas no marco dessa concepção enfatizam a transmissão do conhecimento, fazem com que os conteúdos desempenhem um papel de coluna vertebral no ensino e na aprendizagem” (p. 10).

É válido apresentar algumas críticas trazidas a esse modelo, a fim de enfatizar a necessidade de superação frente às limitações trazidas pelo EPT. Destacamos algumas das limitações adaptadas do que Cachapuz, Praia e Jorge (2002) e Pozo e Crespo afirmam ter nessa perspectiva de ensino:

- É pouco funcional no contexto das novas demandas e cenários de aprendizagem;
- O professor utilizar apenas o livro didático como guia, sem atentar para as exigências de atendimento às necessidades específicas dos alunos e de ajudá-los a pensar e a construir o conhecimento;
- Limita-se por não atender às demandas de uma sociedade que exige do aluno o uso flexível de seus conhecimentos;
- Não possibilita a interpretação de novos problemas por não vincular o conhecimento escolar com a sociedade de informação na qual os alunos estão imersos;
- Não assegura um uso dinâmico e flexível desses conhecimentos fora da sala de aula;
- Os alunos não compreendem por que estudar determinado conteúdo;
- A avaliação está separada do processo de ensino e aprendizagem e é, essencialmente, de índole classificatória.

Apesar dessas limitações, o modelo EPT ainda é muito presente nas salas de aulas de aula e constitui, na maior parte das escolas, prática hegemônica, porém, é muito criticado pela pesquisa educacional. Não satisfeitos com os resultados do EPT, os estudiosos das Didáticas das Ciências começam a refletir sobre um novo modelo de ensino, que será explicitado a seguir.

2.2.2 Modelo de Ensino Por Descoberta (EPD)

Entre os anos 60 e 70 uma nova perspectiva de ensino parece surgir, reconhecendo e valorizando o papel do aluno em sua aprendizagem. O modelo de Ensino Por Descoberta (EPD) veio como uma tentativa de superação do ensino tradicional, principalmente por colocar o aluno, antes passivo, no centro do processo de ensino e aprendizagem. De acordo com Campos e Nigro (1999), esse modelo surge devido ao crescente avanço tecnológico e conceitual na época, o qual trouxe como tendência o ensino do método como construção dos conhecimentos científicos mais do que o ensino dos conceitos.

Conforme afirmam Silva e Nuñez (2004), neste modelo de ensino privilegia-se a atividade autônoma do aluno, que participa ativamente da construção de sua aprendizagem sendo responsável por ela, tendo como guia uma metodologia de caráter universal, organizada de forma a possibilitar um trabalho semelhante aos desenvolvidos pelos cientistas.

Logo, ao ensinar ciências neste modelo, o professor assume que para que o aluno aprenda nada melhor que o ensino seja baseado em explorações e descobertas efetivas, normalmente utilizando, para isto, atividades de experimentação, que permitam aos alunos tomarem um papel de investigadores. Essas explorações tem o intuito de reconstruir as principais descobertas científicas (CAMPOS; NIGRO, 1999; VASCOCELOS; PRAIA; ALMEIDA, 2002, POZO; CRESPO, 2009).

Segundo Lucas e Vasconcelos (2005), é na observação que se encontra o ponto crucial do EPD para se alcançar o conhecimento científico. A observação é guiada pelo método, que deve permitir que os alunos descubram relações, leis ou conceitos a fim de chegar às respostas desejadas pelo professor (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2002; CYRINO; TORALLES-PEREIRA, 2004).

Decerto, ao ter que alcançar o resultado esperado pelo professor, permanece aí a não aceitação do erro no processo de aprendizagem, semelhantemente ao EPT, e, conforme acrescentam Lucas e Vasconcelos (2005), neste modelo de ensino, opera-se o princípio da autoridade do método científico, pois mesmo sendo o aluno responsável e autônomo em relação a sua aprendizagem, este deve segui-lo fielmente e linearmente, assim, o erro é algo a se evitar sob pena de não se conseguir um determinado resultado esperado.

A metodologia presente no EPD, que deve ser seguida pelo aluno, é organizada e proposta pelo professor em atividades que estes devem realizar. Assim, vemos que o professor passa a ser um facilitador da aprendizagem do aluno, é ele que vai tentar convencer o aluno da

facilidade de reprodução do processo (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2002), levando-o a crer que ao observar de forma cuidadosa e sistemática eles irão “descobrir” sozinhos

Tudo que é preciso fazer (...) é que os alunos vivam e ajam como pequenos cientistas. [...] Os produtos da ciência – seus modelos e teorias – são uma consequência direta e necessária do diálogo entre o método e a natureza. Portanto, se o aluno defrontar-se com a natureza da mesma forma que os cientistas, fará as mesmas descobertas (POZO; CRESPO, 2009, p. 253).

Cachapuz, Praia e Jorge (2002) pontuam que, também nesta perspectiva de ensino, não há preocupação com o que os alunos já sabem. “Quando os alunos chegam à escola é como se, quase sempre, o professor ignorasse toda uma vida acumulada” (idem, p. 147). Esse aspecto é visto quando se observa os critérios para selecionar e organizar os conteúdos e as atividades que serão propostas.

Ao organizar o ensino nesta perspectiva, o professor atenta para conteúdos exclusivamente disciplinares, de forma semelhante ao EPT, contudo, esses conteúdos são trazidos a partir de problemas que os alunos deverão enfrentar e buscar solução (POZO; CRESPO, 2009). É dada mais atenção aos procedimentos, que os alunos utilizarão na tentativa de resolver o problema, do que aos próprios conteúdos (SILVA, NUÑEZ, 2004), o que se reflete diretamente na forma como esses alunos são avaliados. Dá-se muita ênfase à análise da estrutura do assunto, ou seja, que etapas devem seguir para compreendê-lo ou de que forma o aluno irá alcançar a resposta esperada pelo professor para o problema proposto, e pouca ênfase é dada ao contexto da aprendizagem (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2002; VASCONCELOS; PRAIA; ALMEIDA, 2003).

Naturalmente, na avaliação, além de serem considerados o que o aluno aprendeu em relação aos conceitos, observa-se como ele foi alcançado, ou seja, os procedimentos e atitudes mostrados pelos alunos, mais do que a memorização (VASCONCELOS, PRAIA; ALMEIDA, 2003; POZO; CRESPO, 2009).

Alguns autores trazem críticas ao EPD que, apesar de se apresentar como alternativa para o ensino tradicional, possui limitações quanto ao real papel do professor, além de refletir sobre a autonomia do aluno na sua aprendizagem.

Medeiros (2000) *apud* Silva e Nuñez (2004) revela que no EPD, nas atividades de investigação em forma de experimento, não são elucidados aos alunos os motivos de se realizar tal experiência, de modo que os eles não atentam para os conceitos e fenômenos que estão por trás da experimentação.

Cachapuz, Praia e Jorge (2002) afirmam que as ideias dos alunos não eram valorizadas, logo, o EPD não seria capaz de alcançá-las a fim de promover o que eles chamam de superação. Além dessa limitação podemos enumerar outras citadas pelos autores, quais sejam:

- O EPD é reduzido a descobertas de ideias por conta própria;
- Retém os fatos ao invés da razão;
- A problematização é inexistente;
- O significado dos problemas propostos, para que fazê-lo e como, não fica evidente;
- Não são levadas em consideração as dificuldades individuais de cada aluno, já que o método é único.

Diante do exposto, torna-se necessário ir adiante em termos qualitativos e trazer novas reflexões acerca de um novo modelo de ensino, o Ensino por Mudança Conceitual (EMC) que exploraremos a seguir.

2.2.3 Modelo de Ensino para a Mudança Conceitual (EMC)

Cientes das limitações trazidas pelos modelos de EPT e EPD, principalmente a de não considerar as ideias que os alunos traziam para a sala de aula e que essas ideias, quando não exploradas, podem constituir obstáculos à aprendizagem, os didatas das Ciências discutem que a melhor forma de se superar essas limitações é a de ir à busca de uma mudança conceitual.

Surge, então, uma nova perspectiva de ensino que tem, dentre outras, a característica de dar oportunidade aos estudantes de expor aquilo que eles já sabem sobre determinado assunto. Segundo Campos e Nigro (1999) as limitações trazidas pelo EPD, promovem a reflexão de que os alunos vêem fatos e fenômenos da natureza de uma maneira muito particular, ou seja, cada aluno enxerga o mundo de acordo com seus conhecimentos, que são distintos do conhecimento científico formal.

O EMC insere-se na perspectiva construtivista da aprendizagem, colocando o aluno como ser ativo, ou seja, capaz de construir sua própria aprendizagem. Parte daquilo que o estudante já sabe, suas concepções alternativas (SHNETZLER, 1992; CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2002; POZO; CRESPO, 2009), e “conflitado” este conhecimento com novas informações para alcançar uma mudança conceitual.

De acordo com Pozo e Crespo (2009), essa mudança conceitual é entendida como uma substituição das ideias dos alunos por teorias mais potentes, sendo estas teorias mais potentes mais próximas do conhecimento científico. Ainda segundo os autores, o EMC é baseado no conflito cognitivo e coloca o aluno, mais uma vez, como responsável por sua aprendizagem,

assim como no EPD, no entanto, esse aluno é levado a construir seu próprio conhecimento tomando consciência de suas limitações e tentando buscar superá-las.

Por outro lado, Schnetzler (1996), ao falar sobre como o Ensino de Ciências como promoção de Mudança Conceitual, afirma que esta pode ocorrer de várias formas diferentes, não apenas através da substituição das concepções alternativas dos alunos. Segundo a autora pode haver:

1) acréscimo de novas concepções em função de experiência posterior do aluno, através do seu desenvolvimento pessoal e pelo contato com ideias de outras pessoas; 2) reorganização das concepções existentes, tanto desafiadas por alguma nova idéia externa ao aluno, quanto como resultado de um processo de pensamento desenvolvido internamente por ele próprio; 3) rejeição de concepções existentes, como resultado de uma reorganização conceitual que implica substituição dessas por outras concepções novas, em função do confronto entre o seu ponto de vista anterior com o ponto de vista da Ciência (p. 19).

Para Cachapuz, Praia e Jorge (2002) a mudança conceitual não visa apenas a uma alteração ou substituição das concepções alternativas, mas a uma reorganização dessas concepções, a qual deve ser feita com a ajuda do professor. Logo, é o professor que assume o papel de facilitador ao buscar estratégias de ensino e propor atividades em sala de aula que promovam o conflito cognitivo. O professor no EMC assume um papel de professor investigador e reflexivo, pois é ele quem vai buscar diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos para que posteriormente desenvolva estratégias metodológicas a fim de que ocorra a mudança conceitual. É o professor quem cria condições para que o aluno abandone suas ideias, ou pelo menos perceba a limitação das mesmas e passe a adotar aquilo que é considerado como aceito pela comunidade científica (ARRUDA; VILLANI, 1994; CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2002; LUCAS; VASCONCELOS, 2005).

Considerando que as ideias dos alunos devam ser levadas a uma mudança conceitual por aquilo que é aceito cientificamente, é evidente que no EMC considera-se que o conhecimento trazido pelos alunos à escola e o conhecimento científico são distintos, conforme acrescentam Pozo e Crespo (2009, p. 264):

Quanto às relações entre o conhecimento cotidiano e o científico, normalmente assume o suposto da incompatibilidade entre ambas as formas de conhecimento e, portanto, que as teorias implícitas dos alunos devem ser substituídas pelo conhecimento científico. A forma de conseguir essa substituição, como meta fundamental da educação científica, é fazer com que o aluno perceba os limites de suas próprias concepções alternativas, sentindo-se insatisfeito com elas e disposto a adotar outros modelos mais potentes e mais convincentes.

É através das estratégias organizadas intencionalmente pelos professores, que essa incompatibilidade será evidenciada. O professor, através do conflito cognitivo, estimula ao

mesmo tempo a problematização e leva os alunos a questionarem sobre quais os significados que eles atribuem aos seus saberes (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2002).

Para Schnetzler (1996), esse conflito cognitivo pode vir através de situações-problema propostas pelo professor ao aluno. A autora ainda acrescenta que é necessário propor várias situações que somente será possível resolver caso o aluno tenha construído e/ou reconstruído suas concepções prévias, ou seja, que só seja possível responder se ele utilizar uma nova concepção que não seja a primeira.

Por um lado, vemos o papel crucial do professor, que deve ser capaz de trazer à tona as concepções alternativas dos alunos. Isso pode ser feito a partir de exemplos, questionários, demonstrações ou até mesmo discussões em grupos, desde que levem os alunos a pelo menos manifestar o que sabem sobre determinado assunto, ter conhecimento disto. Por outro lado, o aluno está no centro do processo, pois ele irá organizar as informações com vista a uma necessária reorganização de seus conhecimentos.

Conforme Cachapuz, Praia e Jorge (2002), essa reorganização é feita de forma particular, cada aluno é o responsável por traçar seu percurso pessoal, cabendo ao professor o papel de facilitador e mediador dos conhecimentos prévios dos alunos. A dinâmica em sala de aula é direcionada a partir da ideia básica de que para que haja uma alteração nesses conhecimentos prévios, é necessário levar o aluno a compreender que o seu conhecimento inicial não é mais suficiente para o contexto escolar. Para isso, são elaboradas sequências de ensino que tenham a finalidade de dirigir ou orientar os alunos diante dos conflitos trazidos pelo professor (POZO; CRESPO, 2009).

Posner e colaboradores (1982) apud Schnetzler (1994, p. 19-20) e Pozo e Crespo (2009, p. 266) destacam algumas características que uma atividade deve ter para que ocorra a mudança conceitual, dentre elas:

- O aluno deve se sentir insatisfeito com suas próprias concepções, a fim de que possa alterá-las;
- Deve haver uma concepção que seja inteligível para o aluno;
- Essa concepção deve ser também verossímil para o aluno, ou seja, ser plausível;
- Para o aluno, a nova concepção deve ser mais potente que suas próprias ideias para que ele possa ampliar seu campo de conhecimento.

Pozo e Crespo (2009) ainda acrescentam que existem três fases para a consolidação do EMC, quais sejam: 1) Atividades que favoreçam a manifestação das concepções alternativas dos alunos, tendo como principal objetivo levá-los a tomar consciências da existência delas; 2)

Confrontos das concepções alternativas com as novas cientificamente aceitas, o que pode ser feito através da exposição do professor ou atividades de experimentação, por exemplo; 3) Abandono da concepção prévia por parte dos alunos a partir do momento em que eles compreendem que as novas concepções trazidas pelo professor têm maior poder explicativo.

Logo, o ensinar ciências, nesta perspectiva, é mediar a aprendizagem e organizar atividades e aprender ciência é re(construir) conhecimentos, partindo das ideias próprias de cada aluno, expandindo-as ou modificando-as (LUCAS; VASCONCELOS, 2005). Para ocorrer a mudança conceitual, o aluno deve ser colocado diante de uma diversidade de situações nas quais ele poderá perceber incoerências entre a forma como ele interpreta determinada situação e como as coisas acontecem de fato (CAMPOS; NIGRO, 1999).

Compreendemos que, apesar desse modelo de ensino apresentar uma grande evolução quanto ao EPD, já que ele leva em consideração aquilo que o aluno traz para sala de aula e valoriza essas ideias, tomando o erro como necessário para que haja superação destas, o EMC ainda coloca o conhecimento científico como único conhecimento válido e verdadeiro. Admitimos isso, pois, os alunos precisam abandonar suas concepções alternativas, que não são úteis para o contexto escolar e assumir a superioridade das teorias científicas.

Além dessa limitação, podemos citar outras dificuldades com as quais o professor poderá se deparar ao assumir o EMC como modelo para guiar sua prática, refletindo na aprendizagem dos alunos. Destacamos algumas limitações trazidas por autores como Campos e Nigro (1999), Cachapuz, Praia e Jorge (2002) e Pozo e Crespo (2009):

- 1 - Considerar as concepções espontâneas dos alunos apenas como ponto de partida para o ensino sem alterar a organização do currículo e a avaliação. É necessário que se reflita mais sobre a importância destas concepções para a aprendizagem;
- 2 - Nem tudo que parece ser um contrassenso para o professor pode ser visto do mesmo modo pelo aluno, assim, nenhum conflito existirá, logo o aluno não verá necessidade de alterar seu modelo explicativo;
- 3 - Os alunos poderão adaptar as interpretações das observações ou dos resultados experimentais as suas explicações prévias;
- 4 - Supervaloriza a aprendizagem dos conceitos, desvalorizando as finalidades educacionais e culturais que sejam relevantes. Essas finalidades estão ligadas aos valores e atitudes, assim como aos interesses e às necessidades pessoais dos alunos;
- 5 - Os alunos podem não compreender a necessidade de mudança conceitual e passar a considerar os conceitos como meios necessários apenas para o exercício de pensar e resolver alguma situação proposta pelo professor;

6 - Os alunos podem suprimir suas ideias, compreendendo que estas sejam errôneas, já que a mudança conceitual é, muitas vezes, compreendida como substituição;

7 - Não são considerados aspectos como a motivação e o social.

Diante dessas dificuldades e limitações trazidas pelos modelos de EPT, EPD E EMC, acreditamos que não é mais suficiente que o Ensino de Ciências, de Química de uma forma particular, se limite apenas à busca de mudança conceitual ou à aprendizagem de conceitos científicos considerados como prontos e acabados.

Compreendemos que, com as novas demandas da sociedade, juntamente com as orientações oficiais quanto à necessidade de formar alunos críticos, preparados para agir no mundo, tomando decisões e refletindo sobre o seu papel no mesmo, um modelo de Ensino que possibilite o desenvolvimento de um conjunto de atitudes por parte dos alunos e uma mudança metodológica por parte do professor. É preciso, portanto, que o Ensino de Química seja distanciado de uma metodologia superficial, agregando a ele características semelhantes as que os cientistas utilizam ao fazer ciência. É necessário, pois, que um modelo de ensino que leve em consideração essas questões supracitadas seja inseridos nas salas de aulas, como o Ensino Por Pesquisa (EPP), o qual se discutirá a seguir.

2.2.4 Modelo de Ensino Por Pesquisa (EPP)

O modelo de Ensino por Pesquisa (EPP) insere-se dentro de uma perspectiva de ensino que vai além da mudança conceitual defendida pelo EMC. Neste modelo, o Ensino de Ciências se aproxima cada vez mais da forma como a ciência é construída, deste modo, o aluno é levado a desenvolver atividades semelhantes as que os cientistas desenvolvem.

Essa proximidade traz características do EPD por agregar a pesquisa científica à aprendizagem em ciências, contudo, o EPP não valoriza o método científico como essencial na construção do conhecimento científico, dá-se importância ao contexto sócio-cultural no qual determinado conhecimento científico foi construído. Conforme Lucas e Vasconcelos (2005), ao valorizar o contexto e a história da ciência o professor insere em suas aulas, uma visão mais global da ciência.

O EPP desenvolveu-se numa nova forma de pensar o Ensino de Ciências coerente com a necessidade de se considerar aquilo que o aluno traz para sala de aula, suas concepções espontâneas, não só no intuito de promover uma mudança conceitual. Porém, com o objetivo de trazer às salas de aula questões de interesse dos alunos. Por conseguinte, esta visão de ensino se opõe ao EMC, pois, conforme acrescentam Cachapuz, Praia e Jorge (2002, p. 172), “está ligada aos interesses cotidianos e pessoais dos alunos, socialmente e culturalmente

situada e geradora de maior motivação”. No EPP criam-se oportunidades para os alunos refletirem, pensarem, formarem opiniões acerca de situações cotidianas que necessitam de conhecimento científico para melhor entendê-las.

De acordo com Pozo e Crespo (2009), o EPP adota a postura de que a ciência é construção social e que para reproduzi-la em sala “é necessário situar o aluno em contextos sociais de construção de conhecimento similares aquele que vive um cientista” (p. 270). Deste modo, é necessário que os alunos sejam levados a entusiasmar-se pela pesquisa, transformando as informações em conhecimentos e utilizando-os para compreender determinada situação.

Conforme Cachapuz, Praia e Jorge (2002), para que isso ocorra é imprescindível uma mudança de atitude, além de mudar a metodologia e a organização do trabalho em sala de aula. O professor no EPP leva os alunos a discutirem entre si e ir à busca das informações que se precisa. Essas informações nascem mais das discussões entre os alunos do que de um currículo muito estruturado e exaustivo (idem).

Campos e Nigro (1999) defendem que a pesquisa leva o aluno à oportunidade de enfrentar problemas reais e a ir à busca de soluções para eles. Ainda segundo os autores, essa solução é feita inicialmente com aquilo que os alunos têm em mãos, ou seja, suas concepções prévias. As respostas inicialmente dadas aos problemas propostos pelo professor são provisórias. Neste caso é preciso que as aulas se encaminhem para que os alunos busquem respostas mais completas, não definitivas, construídas a partir da pesquisa.

Os problemas trazidos pelo professor podem ser resolvidos de forma conjunta, consistindo em problemas abertos que serão resolvidos com a ajuda de pequenas pesquisas (POZO; CRESPO, 2009). Dito de outra forma, essa perspectiva de ensino tem como finalidade tornar as salas de aulas ambientes de pesquisa partilhada, nascida das discussões com os alunos com problemas tratados de forma aberta, emergindo do contexto social.

Pozo e Crespo falam sobre o papel do professor no EPP, segundo os autores:

O trabalho do professor será não apenas orientar a pesquisa dos alunos, como faz o coordenador de qualquer projeto de pesquisa, mas também reforçar, sugerir vieses e questionar as conclusões obtidas pelos alunos à luz das contribuições feitas previamente pelos cientistas na resolução desses mesmos problemas. (idem, p. 272).

As salas de aula no EPP tornam-se espaço de construção de conceitos, atitudes e valores. O professor é um problematizador das situações cotidianas, que devem permitir a reflexão dos processos da ciência e tecnologia e seus impactos na sociedade. O EPP tem como um de seus pressupostos o de formar pessoas que pensem sobre as coisas do mundo de forma não superficial (CAMPOS; NIGRO, 1999).

Esse modelo é, segundo Cachapuz, Praia e Jorge (2002), um salto qualitativo na aprendizagem dos alunos, de forma mais específica vale destacar que esta perspectiva de ensino surge da necessidade de introduzir nas salas de aula uma nova metodologia de trabalho, de empenho em como resolver problemas que surgem e são discutidos. Ainda segundo os autores, o EPP valoriza o trabalho em grupo e o de partilha, que possibilita novas atitudes e visões da própria ciência, abandonando a crença de que os conteúdos científicos se encerram em si mesmos.

Destacamos alguns aspectos de mudança metodológica trazidas por Campos e Nigro (1999, p. 30):

- Supera evidências do senso comum;
- Introduce formas de pensamento mais rigorosas, críticas e criativas;
- Obriga a imaginação de novas possibilidades a título de hipótese;
- Estimula a composição de diferentes hipóteses em situações controladas.

Lucas e Vasconcelos (2005) defendem que as estratégias metodológicas e os recursos didáticos devem proporcionar aos alunos a integração de conceitos e devem possibilitar que eles analisem seus próprios métodos de trabalho. Porém, essas estratégias devem ser variadas e o trabalho em sala de aula feito através de uma sequência de atividades que permita a explicitação de procedimentos, atitudes e conceitos por parte dos alunos de forma que eles consigam identificar a forma como estão desenvolvendo suas tarefas.

A abordagem de situações-problema é apontada por Cachapuz, Praia e Jorge (2002) como relevante, sendo um dos meios que possibilitam a integração de questões CTS – fecundas para o desenvolvimento da aprendizagem nesses domínios. Além disso, os alunos poderão desenvolver capacidades, atitudes e valores, o que leva a crer que eles possam agir conscientemente quando for preciso tomar decisões que afetem a sociedade de forma geral. Esta abordagem, provavelmente, fará com que o aluno tenha uma visão mais global da natureza, mais do que a abordagem disciplinar proporcionaria.

Essa visão mais global da natureza poderá ser construída pelo aluno e acompanhada pelo professor durante todas as atividades desenvolvidas no EPP. O professor ficará atento ao desenvolvimento de capacidades e atitudes dos alunos como, por exemplo, a capacidade de classificar, formular hipóteses e identificar (LUCAS; VASCONCELOS, 2005). O aluno durante o processo de ensino e aprendizagem também poderá se auto-avaliar, conforme afirmado anteriormente. De acordo com Campos e Nigro (1999), ao trabalhar com hipóteses

explicativas, o aluno poderá todo tempo testá-las, colocá-las em conflito para, assim, validá-las ou não.

Para que isto seja possível, é necessário que ao adotar a perspectiva do EPP, o professor organize seu trabalho levando em consideração características deste modelo de ensino, resumidas a partir dos trabalhos dos autores supracitados.

Apontamos algumas características sem a intenção de esgotar o assunto:

- O ponto inicial do trabalho em sala de aula são os problemas, que devem surgir de contextos reais;
- As estratégias metodológicas e os recursos didáticos devem ser organizados em torno desses problemas que devem abordar questões CTS;
- Os problemas devem ser relevantes e a busca de solução através da pesquisa deve possibilitar a transferência e mobilização dos saberes por parte dos alunos para o seu cotidiano;
- As atividades devem permitir que os alunos possam levantar hipóteses sobre os possíveis resultados dos problemas propostos;
- As aulas devem levar os alunos a refletirem sobre possíveis fracassos das hipóteses levantadas;
- As aulas devem possibilitar a discussão acerca do problema inicial e a idealização de novos problemas;
- As atividades devem possibilitar o trabalho em grupo e entre grupos;
- Os alunos devem ser levados a usar a imaginação e a criatividade através de situações dilemáticas.

Diante das características impostas pelo EPP, concordamos com Pozo e Crespo (2009) que um dos problemas mais relevantes quando se assume o ensinar nesta perspectiva é a de que este modelo é de alto nível de exigência por parte do professor. Isso se deve a não só a necessidade do professor desenvolver uma nova concepção de ensino e de aprendizagem, mas também a uma nova postura que o professor deve assumir ao trazer a pesquisa para sala de aula, devendo esta postura andar paralelamente a uma real mudança na organização curricular e em relação às estratégias metodológicas.

Acreditamos que a pesquisa em sala de aula poderá ser mais completa se o ensino for organizado tendo situações-problema como ponto de partida da aprendizagem, suas características serão discutidas no tópico a seguir. Antes, apresentaremos uma síntese (QUADRO 1) que permite a comparação entre os modelos de ensino discutidos.

QUADRO 1 – Comparação entre modelos de ensino

Modelo de Ensino / Características	EPT	EPD	EMC	EPP
Finalidade	Transmitir conceitos; cumprir um programa pré-estabelecido.	Compreender um método; seguir um procedimento.	Mudar Conceitos	Construir conceitos através do diálogo, da reflexão e da pesquisa.
Papel do Professor	Apresentar Conceitos que existem nele ou nos livros escolares.	Organizar as atividades que levem os alunos a descobrirem os conceitos.	Contribuir para que o aluno abandone e/ou reformule suas ideias primeiras.	Problematizado r; promove discussões relacionadas com o contexto.
Papel do Aluno	Passivo; armazenador de conhecimentos.	Ativo; descobre por conta própria através da observação.	Ativo; Construtor do próprio conhecimento.	Ativo; assume sua aprendizagem; autônomo.
Caracterização Didático-pedagógica	Aulas demonstrativas; conteúdos seqüenciais.	Problemas que devem ser resolvidos com a ajuda de um método.	Atividades que gerem conflito cognitivo, com intuito de fazer com que os alunos alterem sua forma de ver mundo.	Problematizaçã o, com questões referentes a Ciência, Tecnologia, Sociedade e (CTS)

Fonte: Adaptado de Cachapuz, Praia e Jorge (2002).

2.3 O ENSINO POR SITUAÇÃO-PROBLEMA E SUA RELAÇÃO COM ENSINO POR PESQUISA

Diante do que foi exposto sobre as características dos modelos de ensino, compreendemos que uma das formas de alcançar os objetivos propostos nesta investigação é trazer elementos do EPP para o ensino por meio de Situação-Problema. Por esta razão dialogaremos com alguns autores que defendem o uso da problematização e a situação-problema nas salas de aula de Ciências e de Química mais especificamente.

Admitindo que o EPP e o ensino por Situação-Problema apresentam semelhanças em sua organização tentaremos uma aproximação entre as características que ambos trazem. Primeiramente torna-se necessário discorrer sobre o que é uma Situação-Problema, o que será feito a seguir.

2.3.1 Situação-Problema

De acordo com Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008) o professor deve suscitar em seus alunos o espírito crítico, a curiosidade, a não aceitação do conhecimento simplesmente transferido em aulas marcadas pela simples cópia e posterior reprodução. Uma vez que não se admite mais que os alunos sejam tratados como meros receptores de informações, o professor deve procurar meios para motivar os alunos e encaminhá-lo para a construção de sua própria aprendizagem. Propondo desafios que os motivem e os façam sentir necessidade de ir à busca de respostas. Esse desafio pode vir através de problemas abertos, descritos por meio de uma Situação-Problema (SP).

Para Meirieu (1998), uma SP é uma:

Situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. Esta aprendizagem que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema se dá ao vencer o obstáculo na realização da tarefa. Assim a produção impõe a aquisição, uma e outra devendo ser objeto de avaliações distintas. Como toda situação didática, a situação-problema deve ser construída apoiando-se em uma tripla avaliação diagnóstica (motivações, competências e capacidades) (p. 192)

Núñez et al (2004), tal como Meirieu (1998), lida com a ideia de uma SP como obstáculo. De acordo com os autores uma SP pode ser considerada com um estado psíquico de dificuldade intelectual, sendo esta dificuldade inicialmente verificada porque o aluno não possui meios para resolver a SP, apesar de considerar que aquilo que o aluno trás para salas de aula, ou seja, suas concepções espontâneas contribuam para a resolução da mesma.

O obstáculo relacionado à SP torna-se claro também nas palavras de Peduzzi (1997). Segundo o autor um problema (tomado por nós como semelhante à situação-problema) é aquele que o individuo procura resolver, mas não consegue solucionar de forma imediata ou automática. Para isso, é necessário refletir, tomar decisões que o leve a superar o obstáculo, a construir conceitos.

Deste modo, a SP coloca o sujeito em construção do conhecimento de forma explícita, pois o esforço do aluno passa a ser de organizar de forma sistemática a interação problema/resposta para que, durante a resolução da SP, a aprendizagem se realize (SANTOS; ALMEIDA; CAMPOS, 2007)

Meirieu (1998) coloca a SP como uma situação de complexidade, sendo esta complexidade capaz de mobilizar os alunos de forma que eles consigam articular os recursos que serão a eles disponibilizados pelo professor com o sentido que eles atribuem a SP, ou seja, ao seu projeto. O autor ainda acrescenta:

A situação-problema, simplesmente põe o sujeito em ação, coloca-o em uma interação ativa entre a realidade e seus projetos, interação que estabiliza e desestabiliza, graças às variações introduzidas pelo educador, suas representações sucessivas, e é nessa interação que se constrói, muitas vezes irracionalmente, a racionalidade (idem, p. 63).

Compreendemos que a racionalidade construída pelo aluno, a qual Meirieu se refere, é o conhecimento que é necessário construir para que se resolva a SP proposta. Ao tentar resolver uma SP, os alunos colocam em evidência suas representações sobre o problema. Para que ocorra a aprendizagem é preciso que essas representações evoluam. A necessidade de evoluir em suas representações deve partir do próprio aluno, ou seja, é ele quem deve sentir que suas representações não são suficientes para resolver a SP. Quer dizer, o aluno deve se sentir desafiado e motivado a buscar a solução.

Conforme Macedo (2002), o professor deve avaliar se de fato a SP irá ser posta como um desafio para o aluno, de forma que este busque construir novos conceitos necessários para resolvê-la. Ainda segundo o autor, a SP como obstáculo deve ser reconhecida pelo aluno, além disso, esta deve ter sentido de aprendizagem, fazendo com que ele busque bons resultados, mesmo que as respostas dadas não sejam as melhores.

Podemos também destacar a contribuição de Nuñez et al (2004) sobre a necessidade de o aluno reconhecer as limitações de suas representações. Segundo os autores, uma das características da SP é a de considerar “a necessidade de representar algo novo na atividade intelectual do estudante e a possibilidade de motivar a atividade deste na tarefa de busca e construção do conhecimento” (p. 148).

Elementos relacionados à CTS, ligados ao contexto dos alunos e inseridos na abordagem e construção de uma SP, podem vir a ser uma forma de motivar e mobilizar os alunos a realizar a tarefa que é chegar a uma solução para a SP. Ao propor uma SP, o professor deve considerar dois aspectos básicos: o conceitual e o motivacional. No aspecto conceitual, a SP reflete a condição entre o que o aluno conhece e o que ele não conhece, para que seja possível o desenvolvimento da atividade cognoscitiva. Já no aspecto motivacional é levado em consideração o quanto esta SP será nova, o que irá orientar o aluno a sair dos limites daquilo que ele já conhece, levando-o a agir no sentido de buscar uma solução para a mesma (Idem).

Meirieu (1998) acrescenta ainda ser preciso que a SP, mesmo nova, seja acessível para os alunos e ao mesmo tempo difícil para que, aos poucos, ela possa ser dominada sem que seja explorada de uma só vez, nem que a solução seja dada antecipadamente.

Santos, Almeida e Campos (2007) destacam outro aspecto importante quanto à estrutura da SP. Para as autoras, a SP deve permitir que os sujeitos tenham várias possibilidades de

estratégias para resolver o problema apresentado, “quer sejam em caráter coletivo ou a associação entre ambos” (p. 27).

Tomando como base as ideias sobre SP propostas pelos autores citados, mais especificamente por Meirieu (1998), iremos discutir outras características referentes à sua estrutura, além dos procedimentos que devem ser levados em consideração ao elaborar uma SP.

2.3.2 Critérios a considerar na construção de uma Situação-Problema

Ao elaborar uma Situação-Problema (SP), o professor deverá considerar alguns critérios e algumas características que devem ser agregadas a sua estrutura. Inicialmente, vale destacar a necessidade da SP suplantar desafios, o que pressupõe prover aos estudantes o domínio de procedimentos e a capacidade de utilizar e buscar conhecimentos para respondê-los (FRANCISCO JR; FERREIRA; HARTWING, 2008).

Isto está de acordo com o que Meirieu (1998) afirma como sendo um dos fatores que mobiliza o aluno para ir à busca da aprendizagem. Segundo o autor, “o que mobiliza o aluno, o que o introduz em uma aprendizagem, o que lhe permite assumir a necessidade da mesma [...] é o desejo de saber e a vontade de conhecer” (p. 86). Por esta razão, a reflexão inicial que o professor deverá fazer antes de elaborar uma SP é a de que maneira este desejo poderá ser despertado.

Compartilhamos das ideias trazidas por autores como Azevedo (2004), Nuñez et al (2004), Cachapuz, Praia e Jorge (2002) e Pozo e Crespo (2009), sobre algumas características que podem ser agregadas à SP e que, possivelmente, facilitam o emergir do desejo de aprender nos alunos. Baseado nos autores supracitados, enumeramos algumas características que achamos relevantes, quais sejam:

- 1 – Deve ser interessante para o aluno e de preferência envolver a relação Ciência, Tecnologia e Sociedade;
- 2 – Uma SP deve permitir refletir sobre processos da Ciência e da Tecnologia bem como as suas inter-relações com a sociedade e o ambiente;
- 3 – A SP deve partir de contextos reais;
- 4 – Ao elaborar uma SP o professor deve refletir que os obstáculos são barreiras que podem ser colocadas aos alunos para que eles consigam transpô-las ou, ainda, dificuldades para serem enfrentadas de maneira natural;
- 5 – A SP deve ser um problema aberto que permita a resolução inicial de forma qualitativa, possibilite o levantamento de hipóteses;

6 – A SP deve permitir predizer ou explicar um fato, analisar situações cotidianas e científicas e interpretá-las a partir dos conhecimentos pessoais e/ou do marco conceitual que a ciência proporciona.

Além dessas características citadas e, como afirmado anteriormente, é preciso que a SP seja reconhecida pelo aluno como um desafio intelectual, o qual esse aluno irá superar em um processo de construção de conhecimento necessário para a resolução da mesma. Parece-nos claro que, para que o professor elabore uma SP que se coloque como obstáculo para o aluno, ele precisa saber onde se encontra o aluno em relação aos conhecimentos sobre o contexto que a SP será proposta. Além disso, conforme Macedo (2002, p. 117), “quando elaboramos uma situação-problema, é fundamental saber para quem ela está sendo proposta, saber quem é a pessoa, o que pensamos dela, o que queremos para ela, o que estamos preparando-lhe, o que lhes desejamos, o que queremos dizer-lhe”.

As considerações trazidas por Macedo (2002) e as características enumeradas anteriormente, vem a acrescentar naquilo que Meirieu (1998) propõe como reflexão inicial para se trabalhar com SP. Essa reflexão é trazida pelo autor em formas de quatro grandes perguntas que estão explicitadas no QUADRO 2:

QUADRO 2 – Questões sugeridas para o trabalho com Situação-Problema.

- 1. Qual o meu objetivo? O que quero fazer com que o aluno adquira e que para ele represente um patamar de progresso importante?**
- 2. Que tarefa posso propor que requeira, para ser realizado o acesso a este objetivo (comunicação, reconstituição, enigma, ajuste, resolução etc.)?**
- 3. Que dispositivo devo instalar para que a atividade mental permita, na realização de tarefa, o acesso ao objetivo?**
 - Que materiais, documentos, instrumentos devo reunir?
 - Que instruções-alvo devo dar para que os alunos tratem os materiais para cumprir a tarefa?
 - Que exigências devem ser introduzidas para impedir que os sujeitos evitem a aprendizagem?
- 4. Que atividades posso propor que permitam negociar o dispositivo segundo diversas estratégias? Como variar os instrumentos, procedimentos, níveis de orientação, modalidades de reagrupamento?**

Fonte: Aprender sim! Mas como? (MEIRIEU, 1998, p. 181).

De posse das respostas das perguntas sugeridas por Meirieu (1998), o professor poderá construir e trabalhar com a SP. Para isso, ele também deverá construir uma sequência didática, que irá ser o caminho que o aluno deverá percorrer a fim de cumprir a tarefa proposta pelo professor que é a de resolver a SP. Para nossa investigação, nos apoiaremos nas

características do modelo de Ensino Por Pesquisa para a organização das atividades que serão realizadas pelos alunos.

2.3.3 Sobre como trabalhar com Situação-Problema no Ensino Por Pesquisa

Uma reflexão inicial sobre o modelo de Ensino Por Pesquisa (EPP), bem como sobre as características que se devem ser consideradas ao se propor uma Situação-Problema (SP), é a que para se trabalhar com ambos torna-se necessário uma mudança de postura tanto na prática do professor quanto por parte do aluno.

Uma vez que, baseando-se nas contribuições de Azevedo (2004) ao falar sobre atividades investigativas, o aluno é levado a construir seu próprio conhecimento por meio da pesquisa passando a ter grande influência sobre as atividades que são propostas pelo professor. Essa influência deve-se ao fato do aluno, diante do desafio descrito por meio de uma SP, passa, no processo de ensino e aprendizagem, a precisar, em todo momento, argumentar, agir, interferir, questionar, interpretar, além de levantar hipóteses que são testadas pelo diálogo entre os pares professor-aluno, aluno-aluno, aluno-pesquisa.

O trabalho com SP no EPP faz com que o aluno recorra as suas representações sobre o contexto que está sendo abordado. Um ponto de grande relevância para o EPP, o qual Meirieu (1998) também defende no trabalho com SP, é que há a necessidade de substituir uma visão de ensino linear e tornar as aulas mais dinâmicas, principalmente levando em consideração aquilo que o aluno já traz para sala de aula, as suas representações. Isto porque, “mesmo antes da intervenção didática, o sujeito já dispõe de um tal sistema de explicação; antes mesmo do professor começar a apresentação de uma questão, o aluno já tem uma ideia dela” (idem, p. 57).

Compreendendo que os alunos possuem suas representações sobre a natureza, em uma aula com características do EPP, estas representações devem emergir com a ajuda do professor. O professor, ao propor uma SP, espera que os alunos exponham o que compreendem inicialmente sobre o contexto que está sendo abordado. Certamente esta exposição inicial é de natureza diferente e é ela que define o caminho pelo qual o aluno caminhará no processo da pesquisa (CAMPOS; NIGRO, 1999, MACEDO, 2002). Ainda segundo os autores, as primeiras tentativas de respostas para a SP merecem atenção por parte do professor que, além disso, deve considerá-las como verdadeiras hipóteses explicativas com as quais os alunos trabalharão.

Vemos, então, que o papel do professor ao trabalhar com SP e o EPP é muito mais do que um conhecedor da matéria que está sendo ensinada, ele instiga o aluno a aprender a aprender. Além disso, segundo Azevedo (2004), o professor que se propuser a trabalhar com a pesquisa em sala de aula “deve tornar-se um professor questionador, que argumente, saiba conduzir perguntas, estimular, propor desafios, ou seja, passa de simples expositor a orientador do processo de ensino” (p. 25).

O professor torna-se uma figura significativa, pois sua postura fará com que o aluno consiga relacionar as novas informações, que surgem na sala de aula trazidas tanto pelo próprio professor como pela pesquisa, com as suas representações, produzindo novos conhecimentos de forma autônoma, crítica e criativa. Assim, essas representações podem progredir, aumentando seu poder explicativo em relação a SP (MEIRIEU, 1998).

A SP como ponto de partida em atividades desenvolvidas com características do EPP é defendida por autores como por Meirieu (1998), Campos e Nigro (1999) e Cachapuz, Praia e Jorge (2002). Para os autores, propor uma SP no início do processo de atividades do EPP, faz com que a aprendizagem dos conceitos e do processo surja como uma necessidade que os alunos sentirão naturalmente de encontrar as respostas da SP.

A necessidade será sentida inicialmente, o aluno poderá analisar o problema proposto e irá à busca de estratégias, informações, que serão conduzidas pela pesquisa com o objetivo de testar as hipóteses que são levantadas a princípio, pois “os alunos não possuem no início dos meios adequados para a solução buscada” (MACEDO, 2002, p. 119), logo, é através da pesquisa que eles vivenciarão verdadeiras situações de aprendizado.

A proposição do problema, o levantamento de hipóteses por parte dos alunos, que representam aquilo que eles já trazem de seu contexto social ou de algum momento de sua escolaridade, faz parte dos três momentos do EPP que Campos e Nigro (1999) e Cachapuz, Praia e Jorge (2002) consideram, e nós compreendemos, como essenciais no processo de resolução de uma SP. Além desses dois momentos, os autores também destacam a importância dos problemas propostos estarem relacionados ao contexto do aluno, de preferência, como já discutido anteriormente quando falado sobre EPP e SP, que este possibilite a discussão da relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Apresentamos a seguir um resumo de alguns indicadores do processo de Ensino Por Pesquisa iniciado por meio da proposição de Situação-Problema, para o qual nos baseamos nos autores Campos e Nigro (1999), Meirieu (1998), Macedo (2002) e Cachapuz, Praia e Jorge (2002).

- Apresentar Situações-Problema que representem um verdadeiro desafio para os alunos;

- As Situações-Problema devem estar inseridas em contexto real, de caráter concreto, porém devem ser propostas delimitando-se que corpo de conhecimentos será necessário para resolvê-las;
- Possibilitar o uso de estratégias variadas, atentando-se para quais estratégias o aluno está utilizando e se elas obtêm sucesso ou não no teste das hipóteses;
- As informações trazidas pelo professor e o contexto em que a SP está inserida deverão fazer emergir o desejo pela pesquisa, ou seja, essas informações não devem ser de caráter conclusivo;
- O trabalho com pesquisa não precisa se restringir a sala de aula, podendo ser feito em atividades extraclasse, individualmente ou em grupo;
- A avaliação não deve ser restrita ao fim do processo, limitando-se a avaliar a resposta dada para à Situação-Problema proposta, nem ser feita apenas pelo professor. Pelo contrário, o professor pode elaborar com os alunos os critérios de avaliação, avaliando tanto o produto como o processo, possibilitando o surgimento de novos problemas.

2.4 A AVALIAÇÃO DO TRABALHO COM SITUAÇÃO-PROBLEMA NO ENSINO POR PESQUISA

Uma maneira de otimizar o trabalho com Situação-Problema (SP) no Ensino Por Pesquisa (EPP) é utilizando-se da avaliação. A avaliação, nesta perspectiva de ensino, passa a ser não mais um momento isolado que ocorre no final de uma unidade de ensino, por exemplo. Ela ocorre a todo o momento, permeando todo o processo de ensino e aprendizagem (CAMPOS; NIGRO, 1999). Ainda segundo os autores, a avaliação pode ajudar o professor a responder questões como:

- 1 – Quais as concepções dos alunos sobre dado assunto?
- 2 – Ocorreu aprendizagem significativa dos conteúdos?
- 3 – Que estratégias devem ser adotadas para promover essa aprendizagem?
- 4 – De que ajuda cada aluno precisa para continuar avançando?

Para nossa investigação iremos considerar três tipos de avaliação que Meirieu (1998) sugere para o trabalho com SP, e que poderão auxiliar o professor a responder as questões sugeridas por Campos e Nigro (1999): A avaliação diagnóstica, a avaliação formativa e a avaliação somativa.

A **avaliação diagnóstica** ocorre antes do processo de ensino e aprendizagem e é uma avaliação prévia que objetiva garantir o bom andamento das atividades que serão propostas na

sequência do EPP, uma vez que esse tipo de avaliação permite fazer um ajuste entre aquilo que o aluno sabe e o programa de ensino (HADJI, 2001).

Conforme Meirieu (1998), esta avaliação se torna necessária, pois “é preciso garantir a possibilidade de realizar a tarefa e de vencer o obstáculo fazendo com que as instruções sejam utilizadas nos materiais, aplicando as capacidades e competências que, entrando em interação, devem permitir a aquisição” (p. 179).

Campos e Nigro (1998) ainda acrescentam que este tipo de avaliação fornece subsídios sobre o modo como o aluno considera determinado assunto antes que seja realizado o plano didático. Para nós, interessa o resultado desta avaliação diagnóstica, pois é ela que irá possibilitar a construção de uma SP que se apresente, de fato, como um desafio para o aluno. Além disso, permitirá refletir e planejar quais intervenções didáticas são necessárias para que o aluno consiga responder à SP, ou seja, superar esse desafio.

É durante as intervenções didáticas que o professor realizará outra avaliação, **a avaliação formativa**. Para Meirieu (1998), a avaliação só se apresentará como formativa se esta “contribuir para a identificação dos procedimentos eficazes e para uma formalização suficiente dos mesmos para facilitar sua realização.

A avaliação formativa fará com que o professor observe mais de perto o trabalho dos alunos, além de compreender melhor como eles desenvolvem as atividades que são propostas na intervenção. Sendo uma avaliação do caminho da aprendizagem (CAMPOS; NIGRO, 1999), faz com que o próprio professor analise a organização do EPP. Segundo Hadji (2001) a principal função da avaliação formativa é a de contribuir para uma boa regulação da atividade do ensino. No nosso estudo, essa avaliação permitirá analisar as estratégias (instrumentos) utilizadas pelos alunos na busca de resolver a SP.

Após a realização das atividades o professor, juntamente com o aluno, poderá contar com outro tipo de avaliação, não menos relevante, **a avaliação somativa**. Esta ocorre depois da ação. A avaliação somativa é de caráter global, tem intenção certificativa e o propósito de atribuir nota ou conceitos para dar uma visão mais geral sobre o desempenho do aluno. Nosso objetivo com essa avaliação é fazer um balanço daquilo que foi adquirido ao final do processo e, além de avaliar a própria eficácia da SP (MEIRIEU, 1998), também poderá ser um momento para que os próprios alunos analisem o caminho que percorreram para resolver a SP em função das respostas dada a ela, bem como a sequência de atividades realizadas por eles.

Podemos ainda acrescentar a contribuição de Shon e Lodesmas (2012) sobre o processo de avaliação que queremos agregar ao nosso trabalho. Segundo as autoras:

A avaliação deve ser um momento de reflexão sobre a prática de ensino, um momento de análise do processo educativo, no qual o professor possa verificar de que forma está se processando a aprendizagem do aluno, com qualidade ou com dificuldades, e a partir daí dar um novo enfoque ou mesmo subsidiar o trabalho do professor. [...] E que aos poucos seja desmistificada a lógica de que avaliação serve apenas para “medir conhecimentos” que ela venha ser mais uma ferramenta auxiliadora na melhoria de sua prática docente atingindo uma educação de qualidade (p.2).

Essas considerações podem vir a fornecer subsídios para uma melhor reflexão quanto à contribuição que os três tipos de avaliação supracitados podem trazer para o ensino e a aprendizagem de radioatividade, garantindo, por exemplo, uma melhor compreensão dos diversos aspectos que esta temática pode trazer como abordagem em sala de aula.

2.5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A RADIOATIVIDADE E O DECAIMENTO RADIOATIVO

Os primeiros relatos sobre radioatividade ocorreram após a descoberta do Raio X pelo físico alemão Wilhelm C. Röntgen. A sua descoberta veio a desencadear uma série de investigações a respeito da natureza atômica, mais especificamente a composição do núcleo. Essas investigações suscitaram uma grande evolução na Química, principalmente porque permitiu ao físico neozelandês Ernest Rutherford, juntamente com seus colaboradores, propor um modelo que fosse coerente com a estrutura atômica.

O primeiro a iniciar investigações sobre o Raio X foi Antoine H. Becquerel. Interessado em estudos sobre a fluorescência e fosforescência, começou a observar se substâncias que possuíam essas propriedades poderiam emitir raios X. Em 1896 ele colocou sais de urânio, um mineral fluorescente, sob a luz do sol. Colocou uma chapa fotográfica envolta de um papel preto ao lado do mineral fluorescente. Quando ele revelou a chapa fotográfica percebeu que a silhueta do mineral sobre o negativo (CHASSOT, 1995). Alguns dias depois, segundo Passos e Souza (2010), Becquerel descobriu acidentalmente que os sais de urânio emitiam, mesmo quando não havia luz solar, radiações que apresentavam propriedades semelhantes às dos Raios X. Essa observação fez com que o cientista chegasse à conclusão de que a radiação emitida pelos sais de urânio era proveniente do próprio mineral (XAVIER et al, 2007). Esse episódio é considerado a descoberta da radioatividade.

Após as descobertas de Becquerel, e quase que simultaneamente aos trabalhos de Rutherford sobre a estrutura atômica, Pierre e Marie Curie foram impulsionados a pesquisas sobre a proveniência das radiações observadas pelo cientista (idem). Após experimentos com

minerais que possuíam em sua composição o urânio, como por exemplo, a pechblenda², eles descobriram que a propriedade de emitir radiação era comum a todas as substâncias que possuíam urânio e que a atividade de emitir radiação era proporcional à quantidade de urânio presente na amostra (PASSOS; SOUZA, 2010). Além dessa observação, o casal Curie também é responsável pela descoberta de dois elementos que apresentaram atividade radioativa muito superior ao do urânio, o Polônio, batizado assim em homenagem à terra natal de Marie Curie, a Polônia, e o elemento Rádio (XAVIER *et al*, 2004; LIMA; PIMENTEL; AFONSO, 2011), ambos isolados da pechblenda. A sugestão do termo radioatividade foi dada por Marie Curie.

No QUADRO 3 encontram-se os principais marcos da descoberta da radioatividade:

QUADRO 3 – Principais marcos da descoberta da radioatividade.

1895 - W. Roentgen descobre os raios X.
 1896 - H. Becquerel descobre radiações penetrantes originadas de sais de urânio fluorescente. Em março relata que não é necessário expor os sais ao sol para que se produzam os raios do urânio. Em seguida afirma que os raios são indiferentes à forma Química do elemento.
 1897 - M. Curie começa a trabalhar com os “raios de Becquerel”.
 1898 - Casal Curie descobre o Polônio e o Rádio.
 1900 - Ernest Rutherford e Pierre Curie identificaram, de forma independente e quase simultaneamente, dois tipos distintos de emissões, que foram denominadas de alfa e beta. Paul Villard identificou a radiação gama.
 1903 - Ernest Rutherford e seus colaboradores identificaram a existência do núcleo atômico e verificou-se posteriormente que a radioatividade com suas emissões, alfa, beta e gama, era um fenômeno que ocorria com núcleos instáveis dos elementos químicos.
 1934 - Descoberta da radioatividade artificial pelo casal Irène Curie e Frédéric Joliot.

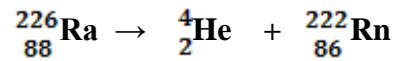
Fonte: Adaptado de Passos e Souza (2010)

As pesquisas sobre a radiação emitida naturalmente por materiais radioativos permitiram desvendar a natureza complexa da radiação nuclear, composta por partículas alfa (α), beta (β) e de raios gama (γ). A radioatividade é, segundo Passos e Souza (2010), a liberação de energia por um núcleo excitado. Essa energia é liberada por um núcleo instável com excesso de energia, a energia em excesso é liberada em forma de radiação, transformando-se em um núcleo mais estável, com menos energia (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005). Esse processo é chamado de decaimento radioativo e pode ocorrer, basicamente, através da emissão das radiações ionizantes alfa, beta ou gama.

A partícula alfa é composta por dois prótons e dois nêutrons. O feixe de partícula alfa é chamado de radiação alfa, representada por ${}^4_2\alpha$, que é o núcleo do átomo de Hélio. Por ter carga elétrica alta (+2) é considerada uma radiação muito ionizante e pouco penetrante, sendo

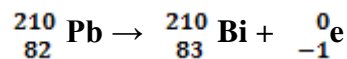
² Minério contendo óxido de urânio

8000 vezes mais maciça que a partícula beta. Essas partículas, somente emitidas por núcleos atômicos que possuem número atômico maior que 83, podem ser detidas por uma folha de papel ou pela camada de células mortas que reveste o corpo humano, podendo, no máximo, causar queimaduras (PASSOS; SOUZA, 2010). A equação abaixo representa o processo de decaimento radioativo, sofrido pelo Rádio-226:



Ao emitir uma partícula alfa o Rádio-226 perde dois prótons, passando de 88 para 86. Ele também perde dois nêutrons, fazendo com que seu número de massa passe a ser 222, transformando em um isótopo de outro elemento químico, o também radioativo Radônio-222. Como a partícula alfa está envolvida, o processo também pode ser chamado de decaimento alfa.

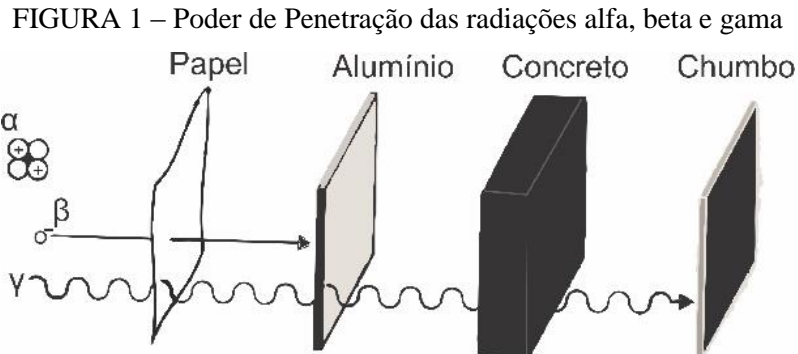
Partículas beta são elétrons (representada por ${}_{-1}^0$ e ou ${}_{-1}^0\beta$) em movimentos rápidos emitidos pelo núcleo instável durante o processo de decaimento, esses elétrons são produzidos no núcleo por meio da desintegração do nêutron (${}^1_0\text{n}$) que converte-se em um próton (${}^1_1\text{p}$) e um elétron (${}_{-1}^0\text{e}$) (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005). De acordo com Passos e Souza (2010), a radiação beta é um feixe de elétrons que podem atingir 90% da velocidade da luz. São mais energéticas e mais penetrantes que as partículas alfa, porém ioniza menos, pois sua carga é menor (-1), não possuindo massa significativa quando se compara à massa do núcleo (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005). O resultado do decaimento beta pode ser observado na equação que segue:



O resultado do decaimento beta também é um novo elemento químico, neste caso o Bismuto. Passos e Souza (2010) afirmam que, em relação ao tecido humano, os efeitos se limitam à pele, porém, tanto a partícula alfa quanto a beta, se ingeridas são extremamente perigosas.

As radiações gama (${}^0_0\gamma$) consistem em fótons de alta energia (conjunto de ondas eletromagnéticas de comprimento muito pequeno), sendo um excesso de energia emitida por um núcleo muito instável. Essa radiação não muda o número atômico nem a massa atômica de um núcleo, ela é uma radiação eletromagnética, assim como a luz, onda de rádio, os raios X e etc (PASSOS; SOUZA, 2010). A radiação gama é o excesso de energia emitido por um núcleo quando este tenta se estabilizar após emitir uma partícula alfa ou beta. Geralmente os raios gama não aparecem nas equações nucleares representadas. Essas radiações tem grande

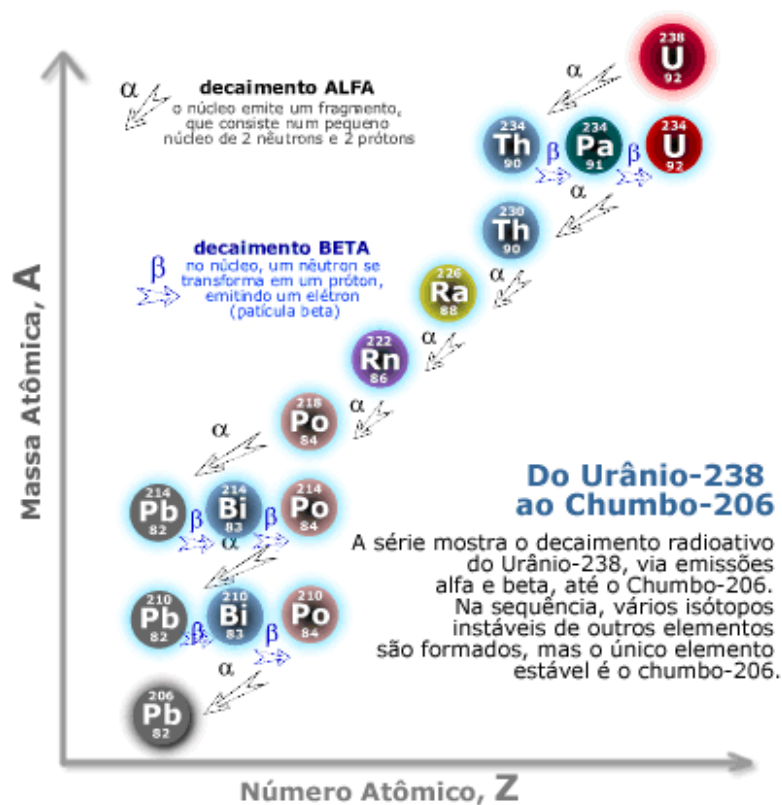
poder penetrante, por não possuir massa significativa e são pouco ionizantes, por não ter carga. O poder de penetração das partículas alfa e beta e do raio gama (FIGURA 1) pode ser observado a seguir:



Fonte: Passos e Souza, 2010.

Os novos isótopos produzidos durante os decaimentos alfa e beta, muitas vezes são radioativos, logo, irão continuar decaindo até alcançar a estabilidade nuclear. Esse decaimento da origem a uma série, chamada de série de radioatividade ou série de desintegração nuclear. A série do decaimento do Urânio-238 (FIGURA 2) pode ser observada a seguir:

FIGURA 2 – Série do decaimento radioativo do Urânio- 238



Fonte: <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/nuclear/introducao.html>, acesso em: 22/01/2012.

Para que um núcleo radioativo decaia e se transforme em outro, é necessário um tempo. O conhecimento do tempo que cada material radioativo passa para decair permite determinar, por exemplo, quanto tempo este material irá permanecer ativo no corpo, quando utilizado, por exemplo, para diagnóstico médico. Esse tempo é mensurado por meio do tempo de meia-vida. Diferentes núcleos sofrem decaimento radioativo em diferentes velocidades. Uma meia-vida é o tempo necessário para que uma amostra radioativa se reduza pela metade (PASSOS; SOUZA, 2010). Cada isótopo tem sua própria meia-vida característica. Sendo que estas não são afetadas por condições externas como temperatura, pressão ou estado de combinação Química, apenas da quantidade de material radioativo presente na amostra. As meias-vidas e tipos de decaimento de alguns isótopos podem ser observados na Tabela 1.

TABELA 1 – As meias-vidas e tipos de decaimento de alguns radioisótopos

Isótopo	Meia-Vida (anos)	Tipo de decaimento
$^{238}_{92}\text{U}$	$4,5 \times 10^9$	Alfa
$^{235}_{92}\text{U}$	$7,0 \times 10^8$	Alfa
$^{232}_{92}\text{Th}$	$1,4 \times 10^{10}$	Alfa
$^{40}_{19}\text{K}$	$1,3 \times 10^9$	Beta
$^{14}_6\text{C}$	5.715	Beta

Fonte: Adaptado de Brown, Lemay e Bursten, 2005.

Dentre as principais funções da meia-vida está a de servir como um relógio nuclear para determinar as idades de diferentes objetos. A radioatividade de uma forma geral pode ser aplicada para fins benéficos bem como para fins bélicos, dentre suas aplicações podemos citar: datação arqueológica, medicina nuclear, radioterapia, energia nuclear, irradiação de alimentos, armamentos nucleares, dentre outros. Para nosso estudo, nos detemos a caracterizar os tipos de radiação bem como o seu poder de penetração, dando uma ênfase maior a esses processos durante a construção da situação-problema.

Essa escolha deve-se ao fato de que ao fazer uma análise prévia dos artigos que falam sobre o ensino de radioatividade, em grande parte, a abordagem dada é de caráter histórico e/ou em relação a acidentes envolvendo radiação, além de alguns artigos mostrarem que os estudantes mantêm concepções equivocadas sobre a natureza das emissões e sobre o que acontece com o núcleo atômico ao emitir radiação. Assim, nosso intuito foi o de abordar a questão da radioatividade no âmbito de suas aplicações positivas, mais especificamente a radioterapia, para isso é necessário o conhecimento conceitual dos processos de emissão radioativa, para compreender de que forma estes podem ser utilizados para benefício do homem e da natureza.

3 CAMINHO METODOLÓGICO

A presente investigação teve como proposta principal a de analisar o trabalho com situação-problema utilizando elementos do Ensino Por Pesquisa, para a construção de conceitos relacionados à radioatividade no contexto da radioterapia. A motivação para escolha do contexto se deu a partir uma análise prévia dos artigos sobre ensino e aprendizagem de radioatividade, que será apresentada nos resultados e discussão e, de forma geral, destacam mais a questão histórica e negativa como, por exemplo, os acidentes nucleares.

A fim de responder a questão principal deste estudo e alcançar os objetivos propostos, a pesquisa se apresenta dentro da perspectiva qualitativa. Este tipo de pesquisa tem como objetivo abordar contextos que ocorrem fora dos laboratórios tentando entender, descrever e até mesmo explicar os fenômenos sociais (ANGROSINO, 2009). A compreensão dos fenômenos se deu a partir do contato direto da pesquisadora, juntamente com o professor colaborador, com os alunos.

Para entender todo o processo que foi desencadeado durante a investigação e para uma maior eficácia na construção dos dados, a pesquisadora organizou e participou de todas as intervenções junto com o professor colaborador. Dessa forma, elementos da pesquisa do tipo etnográfico foram utilizados como enfoque metodológico. Segundo Angrosino (2009), a etnografia é feita *in loco* e o etnógrafo é, na medida do possível, alguém que participa diretamente do contexto que está sendo estudado. Assim, objetivou-se compreender e descrever, através da observação participante, os fenômenos que ocorreram na dinâmica em sala de aula. Tomamos como base a etnografia proposta por André (1995). Segundo a autora a pesquisa do tipo etnográfico parece ser uma das alternativas mais adequadas para investigar o cotidiano escolar. Estudar o cotidiano escolar nesta perspectiva significa estudar as interações sociais dos sujeitos no ambiente natural em que ocorre.

Para André (2008), a “etnografia tem como principal preocupação o estudo da cultura, um sistema complexo de significados que as pessoas usam em cada sociedade para organizar seu comportamento, para entender os outros e a si mesmas e para dar sentido ao mundo em que vivem” (p. 10).

Conforme dito anteriormente, a análise dos dados construídos teve como base a observação participante. Essa observação é participante porque parte do princípio de que o pesquisador tem sempre um grau de interação com a situação estudada, interferindo a todo o momento no processo, bem como sendo interferida por ele. É a pesquisadora o principal instrumento de coleta de dados, que serão descritos literalmente, interpretando-os com vista a descobrir novos

conceitos, novas relações, novas formas de entendimento da realidade em questão (ANDRÉ, 1995). Para sistematizar e melhor compreender os dados coletados e em alguns momentos foram utilizados dados quantitativos.

Para organização da intervenção se utilizou algumas formas de construção e coleta dos dados, quais sejam: Pesquisa bibliográfica sobre o ensino e aprendizagem de radioatividade; Levantamento das Concepções prévias (construção das afirmativas para levantamento das concepções prévias e do “Guia de Análise da Situação-Problema”); elaboração da situação-problema; escolha e construção de instrumentos didáticos, construção da análise da proposta didática. A seguir faremos uma descrição do contexto da pesquisa, bem como das etapas metodológicas que se realizou durante o trabalho de investigação.

3.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em dois momentos. O primeiro momento se refere à organização da proposta didática, o segundo momento foi à aplicação e análise da proposta a partir dos dados coletados e construídos. Participaram da investigação 21 alunos, que se inscreveram de forma voluntária. Além dos alunos, matriculados do 5^a ao 9^o período, do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, participou e colaborou com a pesquisa um professor da mesma instituição. A intervenção, realizada através de um minicurso, foi feita em três encontros com carga horária total de 18 horas, sendo 12 presenciais e 6 a distância, em uma perspectiva semipresencial que se referiu a relato escrito por partes dos grupos das atividades realizadas em cada dia de curso. Os encontros foram realizados na Escola Técnica Agrícola do Pajeú, no município de Serra Talhada - PE, durante os dias 28 a 30 de Agosto de 2012. Para construção e coleta dos dados durante a intervenção foram utilizadas duas formas de registros: O registro escrito e o vídeo com áudio.

3.2 ORGANIZAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

A seguir descreveremos as etapas de organização da proposta didática, para uma melhor compreensão do caminho percorrido nesta investigação.

3.2.1 Pesquisa bibliográfica

Esta etapa teve como objetivo identificar as principais dificuldades referentes ao ensino e aprendizagem de radioatividade através da pesquisa bibliográfica. Para isto, foi feita uma pesquisa em revistas de ensino de Química, Física e Ciências, classificados pela Coordenação

de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) como *Qualis*³ A ou *Qualis* B. Inicialmente a busca por artigos referentes ao ensino e a aprendizagem de radioatividade envolveu periódicos nacionais específicos para o ensino de Química e de Ciências. Em um primeiro momento, foi realizado um estudo nos sites dos periódicos: **Ciência & Educação** (*Qualis* A), **Experiências em Ensino de Ciências** (*Qualis* B), **ENSAIO: Pesquisa em Educação em Ciências** (*Qualis* B), **Química Nova na Escola** (*Qualis* B) e **Química Nova** (*Qualis* B), entre os meses de junho a julho de 2011 por meio de palavras-chave. O estudo mostrou uma escassez de trabalhos relacionados à Química Nuclear o que nos fez iniciar uma nova busca nos periódicos nacionais de Física, a saber, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** (*Qualis* B) e **Física na Escola** (*Qualis* B), durante o mês de agosto de 2011.

Mais uma vez, poucos estudos foram encontrados, sendo a pesquisa expandida incluindo-se outros periódicos nacionais e internacionais, com periódicos em inglês e espanhol.

Essa nova busca por artigos em revistas nacionais foi feita através da leitura dos títulos e de alguns resumos em todos os números disponíveis no site dos periódicos, além das revistas já pesquisadas, **Ciência & Educação**, **Experiências em Ensino de Ciências**, **ENSAIO: Pesquisa em Educação em Ciências**, **Química Nova na Escola** e **Química Nova**, incluiu-se os periódicos **Investigações em Ensino de Ciências** (*Qualis* A); **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** (*Qualis* A) e **Revista Brasileira de Ensino de Física** (*Qualis* B).

Dentre os periódicos pesquisados as revistas **Experiências em Ensino de Ciências** (12 números de 2006 a 2011), **Química Nova na Escola** (42 números de 1995 a 2012), **Química Nova** (158 números de 1990 a 2012) ; **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** (32 números de 2001 a 2011); **Revista Brasileira de Ensino de Física** (42 números de 1990 a 2012), não apresentaram resultados referentes a ensino e aprendizagem de radiatividade.

A pesquisa internacional, que envolveu os periódicos **Journal of Chemical Education**⁴ (*Qualis* A) **International Journal of Science Education** (*Qualis* A); **Journal of Research in Science Teaching** (*Qualis* A), **Enseñanza de Las Ciências** (*Qualis* A), **Revista Educación Química** (*Qualis* B) e **Revista Eletrônica de Enseñanza de Las Ciências** (*Qualis* A), foi realizada a partir da consulta ao portal de periódicos da CAPES, entre os

³ Qualis é o conjunto de procedimentos utilizados pela CAPES para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação, afere a qualidade dos artigos e de outros tipos de produção, a partir da análise da qualidade dos veículos de divulgação, ou seja, periódicos científicos.

⁴ Os artigos foram selecionados via site do periódico, porém o acesso aos arquivos encontrou-se limitado. Os artigos aqui dispostos estavam disponíveis para consulta na biblioteca da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

meses de Fevereiro e Abril de 2012. Essa pesquisa, também foi feita a partir da leitura dos títulos e de alguns resumos dos artigos, que apresentassem palavras-chave referentes à temática, em todos os volumes e números das revistas selecionadas.

Na pesquisa internacional, as revistas **Journal of Research in Science Teaching** (222 números de 1990 a 2012) e **Revista Eletrônica de Enseñanza de Las Ciências** (33 números de 2002 a 2012), não apresentaram resultados referentes a ensino e aprendizagem de radioatividade.

Os periódicos pesquisados que apresentaram resultados, bem como os números analisados e o número de artigos encontrados são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 – Periódicos nacionais e internacionais com período de pesquisa, números analisados e número de artigos encontrados.

Periódico	Período pesquisado	Números analisados	Número de artigos encontrados
Ciência & Educação	1998-2011 Obs: 1999 não houve publicação	36	2
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	1999 – 2011	28	1
Investigações em Ensino de Ciências	1996-2012	51	1
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	1990-2011	69	4
Física na Escola	2000-2011	23	1
Journal Of Chemical Education	1990-2012	254	11
International Journal of Science Education	1999-2012	193	3
Revista Enseñanza de Las Ciências	1998 – 2012	37	2
Revista Educación Química	1990-2012	97	2

Fonte: Produção própria

3.2.2 Construção das afirmativas – Levantamento de concepções prévias

Para o levantamento das concepções prévias dos estudantes foi construída uma lista com 14 afirmativas sobre o tema (APÊNDICE A), As afirmativas trazem elementos baseados em Nakiboglu; Tekin, (2006) e Passos e Souza (2010), além da pesquisa feita sobre as dificuldades no ensino e na aprendizagem de radioatividade nos artigos já citados. Esse ponto torna-se essencial baseado no que Meirieu (1998) propõe como necessário para construção de uma situação-problema que seja identificada pelos alunos como um obstáculo a ser superado,

além de ser uma forma de analisar a situação-problema. Não se pode propor um desafio aos alunos sobre determinada temática sem se conhecer, de fato, como estes compreendem o que está sendo abordado.

3.2.3 Construção da Situação-Problema

A elaboração da situação-problema teve como base as ideias de Meirieu (1998). Além disso, foram considerados o resultado da análise dos artigos sobre ensino e aprendizagem de radioatividade. Para construção da situação-problema utilizamos como contexto uma reportagem, publicada pelo jornal *O Estado de São Paulo*, sobre radioterapia. A temática radioterapia foi escolhida, pois, nosso objetivo era o de abordar a radioatividade do ponto de vista positivo, neste caso o do tratamento do câncer. A utilização da reportagem foi feita a partir da reconstrução do texto e, a partir dele, a construção de três perguntas interligadas formando uma situação-problema baseadas nas orientações de Meirieu (1998), descritas a seguir:

1. Qual o meu objetivo? O que quero fazer com que o aluno adquira e que para ele represente um patamar de progresso importante?

r- Incentivar a participação dos alunos nas discussões sobre o tema radioatividade do ponto de vista positivo, fazendo com que eles construam conceitos através do resultado da cooperação com os colegas e o respeito as diferentes formas de pensar. O progresso será alcançado através da interação com os colegas, os instrumentos didáticos e os professores, de forma a compreender a natureza das emissões radioativas, seu poder de penetração e tempo de meia-vida, relacionando o uso dos radioisótopos na radioterapia com essas propriedades.

2. Que tarefa posso propor que requeira, para ser realizado o acesso a este objetivo (comunicação, reconstituição, enigma, ajuste, resolução etc.)?

r- Atividades de pesquisa, discussão em grupo e interpretação das perguntas da situação-problema através do diálogo, o levantamento de hipóteses e a argumentação, a partir da contextualização do tema, valorizando as ideias que os alunos trazem sobre os conhecimentos científicos. Na primeira pergunta da situação-problema a tarefa requerida foi a de relacionar o tempo de meia-vida com a atividade de um radioisótopo, as duas perguntas seguintes foi necessário relacionar as propriedades e características no uso de um radioisótopo na medicina nuclear.

3. Que dispositivo devo instalar para que a atividade mental permita, na realização de tarefa, o acesso ao objetivo?

-Que materiais, documentos, instrumentos devo reunir?

r- Devo reunir o texto da situação-problema, um guia para análise da situação-problema que permita o levantamento de hipóteses, uma charge, atividades com simuladores, texto sobre o uso de radioisótopos na medicina adaptado para esta investigação, além das discussões durante a aula teórica.

- Que instruções-alvo devo dar para que os alunos tratem os materiais para cumprir a tarefa?

r- Os alunos serão instruídos a trabalharem em grupos, utilizando os materiais disponibilizados pelos professores, além de discutirem de que forma cada instrumento e tópico da aula teórica contribuiu para a compreensão da temática e resposta para a situação-problema proposta.

- Que exigências devem ser introduzidas para impedir que os sujeitos evitem a aprendizagem?

r- Os alunos irão seguir uma sequência de atividades pré-elaborada pelos professores, a comunicação entre grupos não será permitida, porém, durante a realização da mesma os professores podem abrir espaço para esclarecimentos, sempre incentivando o diálogo entre os membros do mesmo grupo.

4. Que atividades posso propor que permitam negociar o dispositivo segundo diversas estratégias? Como variar os instrumentos, procedimentos, níveis de orientação, modalidades de reagrupamento?

r- As atividades foram: Levantamento de concepções prévias, análise da situação-problema e levantamento de hipóteses, leitura e discussão de uma charge, atividade com simuladores computacionais, discussão durante aula teórica, leitura de texto temático, resposta a situação-problema.

Levantamento de concepções prévias: Nesta etapa os alunos entrarão em contato com afirmativas que abordam a temática da situação-problema.

Análise da situação-problema e levantamento de hipóteses: A análise da situação-problema e o levantamento de hipóteses dá uma ideia de como o grupo compreende o tema e eles observem em que deverão ficar atentos nas etapas posteriores.

Leitura e discussão da charge: Etapa de motivação e diálogo, primeiro momento em que os alunos poderão falar abertamente ao grande grupo.

Simuladores: Atividade lúdica, como forma de auxiliar na compreensão dos conceitos que estão sendo trabalhados durante a aula teórica.

Aula Teórica: trás novos conceitos sobre o tema e abre espaço para discussão e tirar dúvidas.

Leitura de texto temático: Novas informações relevantes para o entendimento e resolução da situação-problema proposta.

Resolução da situação-problema: Os grupos poderão expor o que cada grupo concluiu após a realização das atividades anteriores.

Seguindo estas orientações a seguinte situação-problema foi elaborada:

Tratamento de Radioterapia Simulado

Um dos mais importantes hospitais do litoral paulista foi investigado em 2009, sob a suspeita de ter simulado tratamentos de radioterapia oferecidos a pacientes com câncer. O Ministério Público Estadual (MPE) apurou que pelo menos sete doentes passaram pelo chamado acelerador linear - dispositivo que emite feixes de radiação sobre a área afetada - em um período em que o aparelho estava quebrado.

Em depoimento, uma técnica do setor de radioterapia confirmou a prática e disse ter recebido ordens para ludibriar pacientes, que teriam partido de um dos médicos responsáveis pela unidade de radioterapia do local desde 1986. Os pacientes que eram tratados nesta unidade de radioterapia foram relocados para outros hospitais. A unidade está fechada desde julho de 2009, quando surgiram as primeiras denúncias de que um dos equipamentos de radioterapia funcionava com a bomba de cobalto (fonte de radiação) vencida havia dois anos.

A direção do hospital abriu sindicância para apurar os indícios de irregularidades no atendimento aos pacientes e se comprometeu a repassar ao MP as informações coletadas. "Estamos estarecidos com o que aconteceu", disse o diretor técnico do hospital.

(Adaptado de "O Estado de S. Paulo" - Estadão - 29 de outubro de 2009

<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,em-santos-hospital-e-acusado-de-simular-radioterapia,458297,0.htm>)

Diante deste fato, o que significa dizer que a bomba de cobalto estava vencida? O que deve ser considerado na hora de escolher um radioisótopo para este tipo de tratamento? Além do tratamento do câncer, utilizam-se radioisótopos para o diagnóstico de doenças, porém, estes devem ter características diferentes dos que são usados para fins de terapia. Qual explicação você daria?

3.2.4 Elaboração do Guia para Análise da situação-problema e levantamento de hipóteses.

Um das características do Ensino Por Pesquisa é possibilitar aos alunos uma reflexão constante sobre o tema proposto. Além disso, através do dialogo entre si e com o professor, que esta reflexão permita o levantamento de hipóteses. Assim, um “Guia para análise da situação-problema” (QUADRO 4) foi elaborado para ser entregue juntamente com o texto da situação-problema. Esse guia foi adaptado a partir da proposta de Sá e Queiroz (2010) com estudo de caso e, assim como propõe os autores para este tipo de trabalho, tem como objetivo auxiliar os alunos na discussão inicial sobre a situação-problema proposta.

QUADRO 4 – Guia para análise da situação-problema.

1. Listar conteúdos de radioatividade necessários para resolução da situação-problema;
2. Discutir com o grupo o seguinte:
3. Do que se trata a situação-problema?
4. O que já sabemos sobre o assunto tratado na situação-problema?
5. O que precisamos saber para responder a situação-problema?

Fonte: Adaptado de Sá e Queiroz, 2010.

3.2.5 Escolha da Charge utilizada na intervenção

Para compor os instrumentos utilizados na intervenção foi selecionada primeiramente uma charge (FIGURA 3) que aborda a temática radioatividade. Segundo Landmann (2012) o termo charge vem do francês *charger* que significa carga, exagero que satiriza certo fato, situação ou pessoas, e envolve principalmente temáticas que tenham de caráter político e sejam de conhecimento do público. Ainda segundo a autora, só consegue interpretar facilmente a charge, que sempre traz informações do cotidiano, se o aluno estiver ligado à realidade que o cerca.

Para nossa intervenção a charge foi utilizada a fim de que os alunos fizessem uma leitura opinativa e, através do humor carregado por ela, se sentissem motivados a discutir mais sobre o assunto, estabelecendo relações com a temática da situação-problema. Além disso, juntamente com a charge, foram expostos três questionamentos para facilitar essa relação e iniciar os trabalhos de discussão da temática, possibilitando a criatividade e a imaginação dos alunos, mobilizando-os a busca de construção de seus próprios conhecimentos.

FIGURA 3 – Charge utilizada durante a intervenção



Fonte: artitudemuralvirtual.blogspot.com, acesso em 27/06/2012.

Questionamentos:

1- que pontos podem ser levantados após a leitura da charge? 2 - Qual a relação dessa charge com a situação-problema proposta? 3 - Esta charge pode contribuir para a compreensão da situação-problema?

3.2.6 Escolha das simulações utilizadas na intervenção

A escolha de simuladores como instrumentos didáticos utilizados durante a intervenção parte da concepção de que o seu uso pode melhorar a compreensão conceitual dos alunos. Esta ideia é defendida em revisão feita por Ribeiro e Greca (2003) sobre simulações e ferramentas de modelização no ensino de Química. Os autores reúnem uma série de características e possibilidades do uso do computador no ensino. Segundo reportam, uma das grandes dificuldades dos estudantes é a compreensão a nível molecular dos fenômenos estudados, e diminuir essa dificuldade tem sido um dos esforços dos pesquisadores em educação.

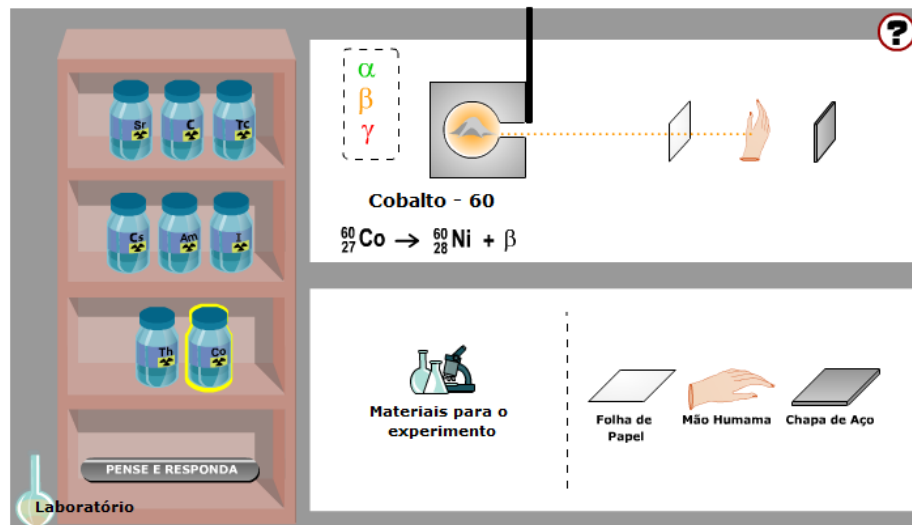
Ainda conforme discutem os autores, os simuladores podem: - Facilitar a compreensão simbólica dos fenômenos químicos; - desenvolver nos estudantes capacidade representativa; - permitir explorar e explicar ideias e fenômenos abstratos; - proporcionar visualização de representações de modelos dinâmicos;

Dessa forma, alunos que ainda sintam dificuldades em compreender conceitos, podem ser beneficiados com o uso de simuladores (SANTOS; GRECA, 2005).

Para este trabalho escolhemos duas simulações para serem utilizadas durante a intervenção, que foram: *Atividade “Propriedades das emissões radioativas – poder de penetração”* e *Atividade “Tempo de meia-vida”*, ambos disponibilizados de forma gratuita pelo MEC, através do Banco Internacional de Objetos Educacionais.

Atividade “Propriedades das emissões radioativas” (FIGURA 4): Esta atividade tem como objetivo simular um experimento sobre o poder de penetração das emissões radioativas. Durante o experimento os alunos poderão identificar o poder de penetração das emissões radioativas em diversos materiais.

FIGURA 4 – Atividade “Propriedades das emissões radioativas – poder de penetração”



Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/854>. Acesso, junho 2012.

Atividade “Tempo de meia-vida” (FIGURA 5) : Esta atividade objetiva compreender o que é tempo de meia-vida, sua representação gráfica, bem como a equação de desintegração.

FIGURA 5 – Atividade “Tempo de meia-vida”

Massa(g)	Tempo(dias)
5.00000	0
4.66516	193.55
4.35275	387.1
4.06126	580.65
3.78929	774.2
3.53553	967.75
3.29876	1161.3
3.07786	1354.85
2.87174	1548.4

Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/1650>. Acesso, junho 2012.

3.2.7 Seleção e adaptação de texto utilizado na intervenção

O último instrumento selecionado para ser utilizado durante a intervenção foi um texto sobre a temática da situação-problema. O texto foi selecionado da internet e apresenta informações sobre o uso da radioatividade na medicina. Devido ao texto ser longo e a não disponibilidade da internet durante a intervenção, optou-se por adaptar o texto para torná-lo mais didático e otimizar o tempo, intitulando-o de: **Radioisótopos: Diagnóstico e Terapêutico** (APÊNDICE B). O texto selecionado pode ser acessado na íntegra através do link: <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/nuclear/medicina.html>.

3.2.8 Elaboração da avaliação da proposta didática

Como última etapa de preparação da proposta didática foi elaborada uma ferramenta para análise da proposta didática (APÊNDICE C) baseada no modelo proposto por Meirieu (1998, p. 150). Essa ferramenta teve como objetivo recolher informações como cada aluno interagiu com os instrumentos didáticos utilizados na intervenção bem como com a proposta como um todo. Além de preencher essa ficha, os alunos também deveriam expor suas impressões sobre a proposta através de depoimento escrito de forma livre.

3.3 ETAPAS DE APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

Para a construção dos dados para esta investigação foi desenvolvido um minicurso com carga horária de 18 horas, sendo 12 presenciais e 6 a distância, em uma perspectiva semipresencial, distribuído em três dias. As atividades realizadas foram estruturadas com a colaboração do professor que ministrou o minicurso, para que este estivesse familiarizado com a proposta. Vale salientar que o professor já tinha experiência no trabalho com situações-problema o que facilitou a construção e o desenvolvimento do minicurso. As atividades realizadas foram: aplicação do questionário de concepções prévias; apresentação e leitura da situação-problema para análise e levantamento de hipóteses, discussão da charge sobre radioatividade; aula teórica; atividade com as simulações; leitura e discussão do texto intitulado “Radioisótopos: Diagnóstico e Terapêutico”; discussão para resolução da situação-problema; aplicação da ferramenta para análise da proposta didática.

O curso foi estruturado de forma a contemplar atividades que abordassem os três níveis de conhecimento químico, macroscópico, microscópico e representacional, de forma que os alunos pudessem relacioná-los. Johnstone (1982) *apud* Rosa e Schnetzler (1998) explicita esses níveis da seguinte forma:

- a) Nível descritivo e funcional (macroscópico): é o campo onde se pode ver e manusear materiais, analisar e descrever as propriedades das substâncias

em termos de densidade, ponto e fusão etc. e observar e descrever suas transformações. b) Nível simbólico (representacional): é o campo onde representamos substâncias Químicas por fórmulas e suas transformações por equações. É a linguagem sofisticada do conhecimento químico. c) Nível explicativo (microscópico): é o nível onde invocamos átomos, moléculas, íons, estruturas, que nos dão um quadro mental para racionalizar o nível descritivo mencionado acima (p. 33-34).

Mortimer, Machado e Romanelli (2000), ao proporem um novo currículo para o ensino de Química no estado de Minas Gerais, defendem que a Química pode ser vista por diversas abordagens, as quais eles chamam de aspectos do conhecimento químico. Os aspectos concretos e visíveis, correspondendo ao nível macroscópico ou fenomenológico. O aspecto teórico, correspondendo ao nível microscópico, relaciona-se a informações de natureza atômico-molecular, envolvendo, portanto, explicações baseadas em modelos abstratos e que incluem entidades que não podem ser percebidas diretamente. O nível representacional ou simbólico que para os autores compreende informações intrínsecas à linguagem Química, como por exemplo fórmulas e equações Químicas.

As atividades realizadas de forma presencial estão resumidas no QUADRO 5:

QUADRO 5: Atividades realizadas durante os três dias de curso

Etapa	Objetivo	Atividades	Instrumentos	Dados a serem analisados	Duração	
DIA 1	1	Apresentar a proposta didática	Apresentação da proposta; Leitura das instruções alvo.	Instruções-alvo	-	30 min
	2	Analisar as concepções prévias dos alunos sobre a temática radioatividade	Aplicação do questionário	Questionário sobre radioatividade	Concepções prévias dos alunos sobre a temática radioatividade	60 min
	3	Possibilitar o trabalho com situações-problema	Introdução sobre a estratégia didática da resolução de situação-problema	Abordagem teórica	-	30 min
	2	Construir hipóteses sobre a situação-problema	Apresentação da Situação-problema; Análise da situação-problema	Texto da situação-problema; Guia de análise da situação-problema	Elementos conceituais apontados na análise da situação-problema	90 min
	3	Possibilitar uma	Discussão	Charge	Interpretação	30 min

		discussão inicial a cerca da temática radioatividade	teórica geral sobre a radioatividade e sua representação na mídia		da charge e sua relação com a temática da situação-problema	
DIA 2	1	Contribuir para verificar ou tornar falsas as hipóteses e para construir novos conhecimentos	Sequência teórica sobre conceitos introdutórios de radioatividade.	Abordagem teórica I - Princípios Gerais da Radioatividade (Parte I: Histórico e Tipos de Radiação)	-	45 min
	2	Compreender a natureza das emissões radioativas e o poder de penetração das mesmas	Utilização da simulação - Propriedades das emissões radioativas	Simulação - Propriedades das emissões radioativas	Contribuição para a resposta dada a situação-problema	30 min
	3	Contribuir para verificar ou tornar falsas as hipóteses e para construir novos conhecimentos	Discussão da simulação e teoria abordada na simulação	Abordagem Teórica II - Princípios Gerais da Radioatividade (Parte II: Poder de Penetração e Cinética das Emissões)	Interpretação da simulação	45 min
	4	Contribuir para verificar ou tornar falsas as hipóteses e para construir novos conhecimentos	Sequencia teórica sobre tempo de meia-vida e aplicações da radioatividade	Abordagem Teórica III: Princípios Gerais da Radioatividade (Parte III: Meia-vida e Aplicações da Radioatividade)	-	60 min
	5	Interpretar o tempo de meia-vida a luz da teoria	Utilização da simulação – Tempo de meia vida	Simulação – Tempo de meia-vida	Contribuição para a resposta dada a situação-problema	60 min
DIA 3	1	Trazer novas informações acerca da temática da situação-problema	Disponibilização do texto para leitura e discussão	Texto - Radioisótopos: Diagnóstico e Terapêutico	Contribuição para a resposta dada a situação-problema	60 min
	2	Identificar se a situação-problema contribuiu para a aprendizagem	Resolução da situação-problema	Texto da situação-problema	Interpretação das respostas a luz das hipóteses dada e dos	120 min

		dos conceitos referentes à radioatividade			instrumentos utilizados durante a intervenção	
	4	Avaliar a percepção dos alunos acerca da proposta didática	Aplicação da ferramenta de análise da proposta didática e orientação quanto a expor em forma de depoimento suas impressões.	Ferramenta de análise da proposta didática	Respostas e impressões dos alunos acerca dos instrumentos e da proposta didática	60 min

Fonte: Produção própria.

Primeiro dia de minicurso

Iniciamos a intervenção didática com a apresentação da proposta. Esta apresentação consistiu em informar aos alunos como eles iriam trabalhar durante os dias do minicurso e os objetivos de cada atividade. As seguintes instruções alvo foram dadas:

Os alunos irão:

- trabalhar com situação-problema envolvendo radioatividade a partir de um texto jornalístico adaptado;
- Ser divididos em grupos para realização das atividades, e os grupos definidos não podem dialogar durante essas atividades com os demais, mas terão livre acesso ao professor e/ou o pesquisador.
- Fazer uma resolução inicial da situação-problema (levantamento de hipóteses) em grupo;
- Utilizar simulações computacionais.
- Após cada dia do minicurso os grupos deverão elaborar um diário relatando o que foi vivenciado a fim de recapitular o que foi vivenciado.
- Resolver em grupo a situação-problema.
- Avaliar a intervenção.

Após a leitura e esclarecimento das instruções alvo, foram aplicadas as afirmativas para análise das concepções prévias. O professor colaborador após a entrega dos questionários realizou a leitura das afirmativas para quaisquer esclarecimentos que fossem necessários. Após a aplicação do questionário foi feita a divisão dos grupos e em seguida entregue os textos contento a situação-problema, bem como o guia de análise da situação-problema. Assim como nas afirmativas, o professor fez a apresentação da situação-problema através da leitura do texto para que, em seguida, os alunos pudessem iniciar as discussões em grupos e o

levantamento de hipóteses. Durante o primeiro dia também foi iniciada uma discussão acerca da temática radioatividade, utilizando para isso a charge juntamente com os questionamentos para nortear essa discussão. Neste primeiro dia foi explicitado com maior ênfase o nível macroscópico do conhecimento químico representado pela própria situação-problema proposta a partir do texto jornalístico adaptado, além da inclusão de outras discussões utilizando uma charge que trata da temática acidente nuclear.

Segundo dia de minicurso

O segundo dia do minicurso foi iniciado com uma discussão teórica sobre conceitos de radioatividade, através de uma aula expositiva dialogada e contemplando, além do nível macroscópico, o nível microscópico do conhecimento químico, utilizando a simulação computacional sobre o poder de penetração das emissões α , β e γ .

Num primeiro momento foi exposto sobre o histórico da radioatividade e o tipo de radiação. Em seguida, a fim de iniciar discussão sobre poder de penetração das emissões radioativa, foi apresentada a primeira atividade de simulação. Neste momento os grupos, divididos no primeiro dia, foram refeitos. A todo o momento o professor e o pesquisador orientavam os alunos com o objetivo de estimular o diálogo entre os componentes do grupo. Após realização da atividade o professor abre espaço para que os alunos se manifestassem sobre as percepções em relação à atividade realizada.

Dando continuidade a abordagem teórica, o tempo de meia-vida e as aplicações da radioatividade entraram em discussão, estruturando o terceiro nível do conhecimento químico, o representacional, a partir da simulação de tempo de meia-vida. Os alunos entraram em contato com a representação de equações nucleares, cálculos de tempo de meia-vida e representação gráfica e, além disso, puderam observar o comportamento de alguns radioisótopos em relação com o tempo.

Terceiro dia de minicurso

No último dia de minicurso sentiu-se a necessidade de retomar a discussão em relação às aplicações da radioatividade (Nível Macroscópico), principalmente a radioterapia focado à situação-problema proposta. Foi então distribuído para os alunos o texto adaptado para a intervenção, feita a leitura coletiva, foi dado um tempo para que os mesmos pudessem analisá-lo e discuti-lo entre os membros do grupo. Após este momento os alunos foram orientados a responder a situação-problema, utilizando para isto todos os instrumentos disponibilizados durante o minicurso. O momento final da intervenção envolveu a socialização das respostas, onde os alunos expuseram a conclusão dos membros do grupo e tentaram estabelecer relações entre elas, e a avaliação da proposta didática, que incluiu o

preenchimento da ferramenta construída e um depoimento livre sobre as atividades realizadas durante os três dias de minicurso.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS E CONSTRUÍDOS

A análise dos dados construídos será feita de forma qualitativa com caráter descritivo, e em alguns momentos com a sistematização de categorias para auxiliar na organização dos dados, utilizando para isso as orientações da análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2011). Serão inicialmente analisados os artigos sobre o ensino e aprendizagem de radioatividade a fim de identificar as principais dificuldades relacionadas ao ensino aprendizagem da temática em questão, além disso, serão analisados os dados coletados referentes às concepções prévias dos alunos; análise das discussões durante abordagem teórica; as respostas dos estudantes referentes à situação-problema; a contribuição dos instrumentos didáticos e as impressões da intervenção didática.

3.4.1 Metodologia de análise dos artigos sobre ensino e aprendizagem de radioatividade

Nesta etapa da nossa investigação buscamos identificar as principais dificuldades e algumas tendências no ensino e aprendizagem de radioatividade, a fim de direcionar nossa investigação no sentido de contribuir para minimizar essas dificuldades e buscar elementos para o desenvolvimento da sequência didática guiada por uma situação problema, que também foi construída fundamentada nas características do ensino por pesquisa e do trabalho com situações-problema. Para a análise dos artigos, foram estabelecidas algumas categorias com base nos trabalhos de Costa e Moreira (1996). As categorias foram:

✓ ***Objetivo/Tema Central:***

Nesta categoria procurou-se identificar qual o objetivo principal do artigo, além do tema abordado em relação à radioatividade.

✓ ***Metodologia/Fatores Investigados:***

Esta categoria consistiu na identificação dos métodos, instrumentos, público alvo, além dos fatores investigados pelos autores e que estavam descritos no artigo.

✓ ***Resultados/Fatores Relevantes/Implicações Educacionais:***

Apresenta os principais resultados bem como as implicações educacionais trazidos pelos autores de acordo com o objetivo do artigo analisado.

✓ ***Conclusões/Considerações/Sugestões:***

Pontua aspectos relevantes sobre o ponto de vista dos autores em relação ao objetivo do artigo analisado.

3.4.2 Metodologia análise das concepções prévias dos alunos

A análise das concepções prévias foi feita em dois momentos. O primeiro através dos dados coletados utilizando as afirmativas que envolveram a temática da radioatividade. O segundo categorizando a análise feita pelos alunos em relação à situação-problema proposta e das hipóteses levantadas sobre ela.

3.4.2.1 Metodologia de análise das concepções prévias dos licenciandos – Afirmativas

As respostas dadas pelos licenciandos foram agrupadas em três categorias (**RS – Resposta Satisfatória**, **RPS – Resposta Pouco Satisfatória** e **RNS – Resposta Não Satisfatória**), para aquelas que os alunos marcaram discordam e justificam sua discordância, e duas categorias⁵ (**RS – Resposta Satisfatória** e **RNS – Resposta Não Satisfatória**), para as que eles concordaram (QUADRO 5). Todas as categorias de análise foram construídas com base nos artigos da pesquisa bibliográfica e em Passos e Souza (2010) e Brown; Lemay; Bursten (2005).

QUADRO 5 – Afirmativa/objetivo e suas categorias de análise

Afirmativa/Objetivo	Categorias de Análise
1. Tem como objetivo identificar as concepções sobre a origem e o conceito de radioatividade.	Resposta Satisfatória (RS) se discordar e corrigir afirmando que a radioatividade é um fenômeno natural que foi descoberto e acrescentar que existem alguns materiais radioativos artificiais, Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS) se discordar afirmando o contrário que afirmação expõe ou outra justificativa e Resposta Não Satisfatória (RNS) caso concorde com a afirmativa.
2. O objetivo desta afirmativa é o de analisar como os licenciandos entendem o uso da radioatividade na conservação de alimentos, estando dentro de umas das aplicações positivas da radiação.	RS se o licenciando discordar, acrescentando a sua correção que é um processo eficiente se o tipo e a dose da radiação forem controlados, RPS se discordar sem apresentar correções ou apresentar uma justificativa diferente da primeira citada e RNS se concordarem.
3. Esta afirmativa tem como objetivo verificar o conhecimento dos licenciandos sobre como podemos detectar as emissões radioativas.	RS se discordar e afirmar que só é possível detectar a radioatividade com um aparelho específico, RPS se discordar e apresentar outra justificativa, RNS se concordar.
4. Objetiva saber se os alunos entendem o que ocorre com os elementos radioativos ao emitirem radiação.	RS caso concordem, RNS se discordarem.

⁵ Com exceção da afirmativa 11 que utilizaremos as três categorias pré-estabelecidas devido ao seu objetivo.

5. Tem como objetivo averiguar que fatores são levados em consideração pelos licenciandos quando se trata da estabilidade do núcleo atômico.	RS se discordar e destacar que os fenômenos radioativos não são vinculados a eletrosfera, mas sim a nível nuclear, RPS se discordar e apresentar outra justificativa ou não apresentar justificativa, RNS se concordar.
6. Esta afirmativa objetiva explorar o conhecimento dos licenciandos sobre aspectos históricos da radioatividade, do ponto de vista negativo.	RS se o licenciando discordar da afirmativa e apresentar justificativa que a cidade ainda não está habitável nos dias de hoje devido aos altos índices de radiação causado pelo material radioativo utilizado na usina, RPS se discordar e apresentar outra justificativa e RNS se concordar.
7. O objetivo desta afirmativa é o de verificar como os licenciandos entendem a relação entre o tempo de meia-vida e a estabilidade nuclear.	RS se concordar e RNS se discordar.
8. Objetiva analisar as concepções sobre a natureza das emissões radioativas.	RS se justificar afirmando que apesar da partícula alfa ser muito ionizante, pois possui carga elétrica alta (+2) ela é pouco penetrante, pois é pouco energética ou que a gama é mais energética logo é mais penetrante, RPS se discordarem e apresentar uma justificativa citando alguns dos pontos mencionados anteriormente e RNS se concordarem.
9. Esta afirmativa também tem como objetivo analisar as concepções dos licenciandos sobre a natureza das emissões radioativas.	RS se concordar e RNS se discordar.
10. Esta afirmativa tem como objetivo verificar o conhecimento dos licenciandos sobre como detectar emissões radioativas.	RS se concordar e RNS se discordar.
11. O objetivo desta afirmativa é analisar o conhecimento dos estudantes sobre proteção radioativa.	RS se discordar e justificar incluindo o fator tempo de exposição e a intensidade da radiação, RPS se concordar e RNS se discordar e apresentar outra justificativa.
12. Tem como objetivo identificar se os licenciandos diferenciam uma reação nuclear de uma reação Química.	RS se discordar, corrigindo a afirmativa dizendo que as reações nucleares ocorrem em nível nuclear, portanto, diferem das reações Químicas que envolvem elétrons, RPS caso discordem e apresentem outra justificativa e RNS se concordar.
13. Objetiva explorar se os licenciandos diferenciam irradiação de contaminação radioativa e o que acontece ao entrar em contato com a fonte de radiação não selada.	RS caso concordem e RNS se discordarem.

<p>14. Objetiva analisar as concepções sobre as aplicações dos radioisótopos, do ponto de vista positivo, bem como conceitos referentes ao tempo de meia-vida e poder de ionização das emissões radioativas.</p>	<p>RS se discordar e apresentar outros elementos como o poder de ionização das emissões radioativas sendo eficaz no tratamento, além do tempo de meia-vida não ser muito curto, RPS se citar apenas um dos itens mencionados anteriormente e RNS se concordar.</p>
--	---

Fonte: Produção própria

3.4.2.2 Metodologia de análise do levantamento de hipóteses

Esta análise foi feita em dois momentos. O primeiro através do “*Guia de análise da situação-problema*” e o segundo as respostas iniciais dadas pelos alunos a situação-problema.

Para analisar as respostas dadas pelos licenciandos para o “*Guia de análise da situação-problema*” utilizamos as orientações de Moras e Galiuzzi (2011) para análise textual discursiva. De acordo com os autores:

“A análise textual discursiva corresponde uma metodologia de análise de dados e informações de natureza qualitativa com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e os discursos (...), representando um movimento interpretativo de caráter hermenêutico”. (p. 7).

Tomaremos três focos trazidos pelos autores para este tipo de análise, quais sejam:

1- Desmontagem dos textos: Processo de unitarização. Implica examinar o texto em seus detalhes, após leitura e releitura dos mesmos, a fim de desconstruí-los em elementos constituintes.

2 – Estabelecimento de Relações: Construção de categorias. Envolve a construção de relação entre os elementos constituintes do texto, nomeando e definindo as categorias. Para o nosso trabalho as categorias foram definidas *a posteriori*.

3 – Captando o novo emergente: Compreendendo o todo. Visa à construção de metatexto descritivo e interpretativo. Para nossa investigação optamos por um metatexto descritivo, de forma a observar o fenômeno baseados nas características e nos objetivos da proposta didática.

Em relação às hipóteses levantadas para a situação-problema, as respostas foram relacionadas com os três níveis de conhecimento químico, buscando identificar a presença de elementos que a caracterizavam nos níveis macroscópico, microscópico e representacional.

3.4.3 Metodologia análise das interações professor-aluno durante abordagem teórica

Esta análise teve cunho descritivo, buscando identificar aspectos como o comportamento, a motivação e o interesse dos licenciandos nas discussões iniciadas pelo professor e/ou pesquisador durante a abordagem teórica e após a utilização dos instrumentos didáticos.

3.4.4 Metodologia análise da resposta à situação-problema

Para analisar as respostas dadas à situação-problema pelos grupos, inicialmente buscamos identificar os três níveis de conhecimento químico nestas respostas, o qual foi feito levando em consideração a contribuição dos instrumentos utilizados durante a intervenção didática e aquilo que cada pergunta possibilitou como resposta. Temos:

1. Diante deste fato, o que significa dizer que a bomba de cobalto estava vencida?

Para esta primeira pergunta que compôs a situação-problema, os grupos poderiam trazer elementos discutidos na simulação do tempo de meia-vida que possibilitou a discussão da temática a nível representacional. Além disso, os efeitos da utilização de uma bomba de cobalto vencida também poderiam ser explicitados, dando ênfase, neste caso, ao nível macroscópico discutidos durante a aula teórica. O nível microscópico poderia ser contemplado se na sua resposta fosse explicitada a questão das emissões radioativas e a diminuição dessas emissões devido ao tempo de meia vida ter sido ultrapassado, relacionando assim as duas simulações utilizadas como instrumentos didáticos durante a aula teórica. Portanto, a resposta foi considerada **RS** se contemplou os três níveis de conhecimento químico, **RPS** se contempla dois, **RNS** se contempla apenas um nível de conhecimento químico.

2. O que deve ser considerado na hora de escolher um radioisótopo para este tipo de tratamento?

Araújo (2005) cita o baixo poder de penetração e o alto poder de ionização como características a serem consideradas no uso de um radioisótopo para fins terapêuticos. Assim, temos a nível representacional o tipo de emissão do radioisótopo e o microscópico o poder de penetração o qual os alunos puderam verificar através da simulação do poder de penetração. Logo, será considerada **RS** se os dois níveis forem contemplados, **RPS** se apenas um deles for contemplado e **RNS** se o grupo responder utilizando elementos apenas do nível macroscópico, que não era o esperado para esta pergunta.

3. Além do tratamento do câncer, utilizam-se radioisótopos para o diagnóstico de doenças, porém, estes devem ter características diferentes dos que são usados para fins de terapia. Qual explicação você daria?

Para explicar a diferença entre os radioisótopos utilizados no tratamento e no diagnóstico, os grupos, através da simulação do tempo de meia-vida tiveram elementos para compor a resposta a nível representacional, neste caso por relacionar o tempo de meia-vida como fator primordial no uso diagnóstico do radioisótopo, um baixo tempo de meia-vida faz com que o elemento radioativo se transforme em outro, minimizando os efeitos da radiação no organismo. O nível microscópico ao citar o poder de penetração e o nível representacional utilizando os símbolos para expor a diferença entre os radioisótopos e sua aplicação. Assim, **RS** se contemplar os três níveis de conhecimento químico, **RPS** se contemplar dois e **RNS** se contemplar apenas um.

3.4.5 Metodologia análise da avaliação da proposta didática

A análise da proposta didática foi feita em dois momentos. O primeiro momento utilizamos uma ferramenta adaptada de Meirieu (1998), no qual os dados obtidos foram organizados a partir da quantidade de respostas, indicada em escala *Likert*⁶, encontradas. Os alunos tiveram que atribuir à situação-problema e a cada um dos instrumentos e etapas da proposta um nível de concordância quanto a sua potencialidade. O segundo momento, foi feita a análise de depoimentos escritos pelos participantes do curso, de forma livre. A análise buscou identificar as impressões dos alunos em relação à proposta didática, com um olhar para a pergunta central desta investigação foi “Como uma Situação-Problema, vinculada ao Ensino Por Pesquisa, contribui para a aprendizagem de conceitos relacionados à radioatividade?”. Para isto, foi feita leitura e releitura desses textos e os dados obtidos foram organizados e descritos de acordo com as orientações de Moras e Galiazzi (2011) para análise textual discursiva.

⁶ É uma escala psicométrica das mais conhecidas e utilizada em pesquisa quantitativa. Tem como pretensão registrar o nível de concordância ou discordância com uma declaração dada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentaremos a seguir a análise dos dados coletados e construídos para esta investigação. Primeiramente, trazemos a análise dos artigos sobre ensino e aprendizagem da radioatividade e análise das concepções prévias dos estudantes sobre a temática em questão. Em seguida analisaremos os dados construídos nas atividades envolvendo os instrumentos didáticos utilizados ao longo da aplicação da proposta, a análise das respostas da SP e os resultados da avaliação da proposta didática.

4.1 ANÁLISE DOS ARTIGOS SOBRE ENSINO E APRENDIZAGEM DE RADIOATIVIDADE

No período escolhido para investigação, 1990-2012, foram encontrados 26 artigos sobre ensino e aprendizagem de radioatividade, nos periódicos selecionados. Dos 26 artigos encontrados 12 são direcionados para o ensino de Química, 5 para o ensino de Ciências e 7 para o ensino de Física, sendo que alguns dos trabalhos se direcionam para mais de uma área, Física e Química (1) além de Física, Química, Biologia e História (1).

Além disso, na pesquisa em periódicos nacionais, nenhum artigo direcionado para Química tinha como público alvo estudantes do Ensino Superior, sendo este público alvo em oito artigos dos encontrados na pesquisa bibliográfica internacional. Sendo a radioatividade inserida dentro de um dos temas estruturadores trazidos pelos PCN+, este fato torna-se preocupante, na medida em que a falta de pesquisa, envolvendo os futuros professores, aponta para a falta de reflexão sobre esta temática que é tão importante, devido, dentre outras questões, a seu potencial de contextualização e de possibilitar o trabalho interdisciplinar (BRASIL, 2006). Pois, entende-se que os futuros professores, antes mesmo de ensinarem esse conteúdo, devem entrar em contato com ele em sua formação.

A sistematização dos artigos, feita através da leitura dos textos na íntegra, também permitiu identificar algumas tendências em relação as pesquisas sobre ensino e aprendizagem de radioatividade, quais sejam: proposta de material didático, estudo de concepções/ análise de livro didático e proposta e análise de estratégias didáticas.

Proposta de material didático:

Foram incluídos nesta tendência artigos que apresentam proposta de analogias, modelos, jogos ou módulos didáticos envolvendo a temática radioatividade, bem como de que maneira os professores podem utilizá-la em sala de aula. Dois artigos apresentam proposta de analogia no estudo de conceitos relacionados à radioatividade, um para o decaimento radioativo

(KRAPPAS; BORGES, 1998) e outro para o estudo dos fenômenos de fusão e fissão nuclear (SHAPPO, 2010).

Eichler, Junges e Del-Pino (2006) descrevem e propõem uma estratégia didática utilizando o software *Cidade do Átomo* para compreensão de temas relacionados a energia nuclear com alunos do ensino médio. Cordeiro e Peduzzi (2010) discutem as implicações educacionais da utilização didática das conferências Nobel. Além disso, algumas propostas temáticas para abordagem da radioatividade é apresentada por Souza e Dantas (2010).

Propostas de jogos e analogias também são encontradas em três dos artigos selecionados na pesquisa internacional. Fortman (1992) utiliza botões de dois tamanhos para propor uma analogia ao decaimento beta, sendo uma alternativa para a compreensão desse processo já que, segundo o autor, os alunos encontram dificuldades em compreendê-lo, pois, estão acostumados a não pensar em elétrons, cargas negativas, dentro do núcleo. Shultz (1997) apresenta uma analogia através de um jogo utilizando dados (semelhantes aos usados em jogos do tipo RPG), estabelecendo uma relação entre a agitação dos dados e o decaimento radioativo. Um jogo mais elaborado é discutido no artigo de Olbris e Herzfeld (1999). A proposta do jogo é levar os alunos a conhecerem melhor os fenômenos da fusão e do decaimento radioativo, exigindo também cálculos para compreensão desses fenômenos ao longo da atividade. Além disso, a estabilidade relativa dos isótopos também compreende um dos conceitos trabalhados neste jogo.

O uso de gráficos para ilustrar o decaimento radioativo é exposto de maneiras distintas por dois artigos analisados. Crippen e Curtright (1998) trazem uma proposta envolvendo a incorporação de instrumentos computacionais pra examinar aspectos referentes ao decaimento nuclear. Enquanto que uma atividade envolvendo construção de um gráfico exponencial utilizando materiais, como papel, tesoura e cola é tratada por Hughes e Zalts (2000), como uma alternativa para ilustrar discussões sobre a radioatividade, desde o ponto de vista positivo como negativo.

Campbeel (1995) apresenta uma série de regras para determinar a estabilidade nuclear e o decaimento radioativo, como forma de melhorar o entendimento dos alunos em relação a esses tópicos.

Estudo de concepções alternativas/análise de livro didático:

Os estudos que refletem sobre a forma como os alunos compreendem questões relacionadas a conceitos de radioatividade, além de como os textos didáticos abordam esse conteúdo também foram encontrados na pesquisa bibliográfica realizada. Medeiros e Lobato (2010) após

analisar livros didáticos de Química e Física e as concepções prévias de alunos do ensino médio em relação à contextualização, apresentam o desenvolvimento e a aplicação de um módulo didático contextualizado sobre a temática. A análise do imaginário dos estudantes de licenciatura em Física sobre a inserção da questão nuclear no ensino médio foi discutido em dois artigos analisados. Sorpreso e Almeida (2008) analisam o imaginário quanto ao trabalho com resolução de problema. Já em Sorpreso e Almeida (2010), o imaginário é analisado do ponto de vista da história da ciência.

Na pesquisa internacional, seis dos dezesseis artigos encontrados apresentam análise de ideias, raciocínio ou concepções de alunos sobre temas relacionados a radioatividade. Yang e Anderson (2003) e Wu e Tsai (2007) analisaram o raciocínio dos alunos quanto a uma suposta construção de usina nuclear, bem como do uso da energia nuclear do ponto de vista ambiental. Nakiboglu e Tekin (2006) discutem a importância de se conhecer as concepções dos alunos em relação a uma determinada temática para o desenvolvimento de materiais e atividades de instrução. Segundo os autores, embora a Química Nuclear não seja por si só um foco central do ensino médio, alguns conceitos que são pré-requisitos para seu entendimento (átomo, elemento, neutro e nuclídeo, número atômico, número de massa, próton, nêutron e nucleon) são fundamentais na Química, porém muito abstratos, sendo essencial que o professor conheça de que forma o aluno compreende esses conceitos.

Gutierrez et al, (2000), Pliego et al (2003) e Colclough, Lock e Soares (2011), analisaram concepções dos alunos em relação a conceitos de radioatividade. García-Carmona e Criado (2008) mostraram resultados do tratamento da energia nuclear em relação à abordagem CTS em livros didáticos de Física e Química.

Proposta e análise de estratégias didáticas:

Incluem artigos que além de proporem estratégias para o ensino e aprendizagem de radioatividade, refletem sobre os resultados decorrentes a sua aplicação.

Na pesquisa em periódicos nacionais encontramos 3 artigos que investigam a contribuição de estratégias didáticas para aprendizagem de conceitos referentes a radioatividade. Samagaia e Peduzzi (2004) analisam a utilização de um módulo didático utilizando jogo de papéis (RPG) com alunos do ensino fundamental, recorrendo ao contexto histórico do Projeto Manhattan. No artigo de Vasconcelos e Leão (2012) é apresentado os resultados da utilização de uma estratégia didática, envolvendo a incorporação de vídeos no estudo das aplicações da radioatividade.

Bonneau (1994) e Krow e Krow (1998) trazem o resultado de aplicação de módulo didático abordando conceitos de radioatividade do ponto de vista de seus resíduos, utilizando

estratégias como a resolução de problemas e o trabalho em grupo para o desenvolvimento das atividades.

Conforme exposto na metodologia deste trabalho, a análise dos artigos foi feita com base em categorias pré-estabelecidas inspiradas na proposta de Costa e Moreira (1996). As TABELAS 3 e 4 apresentam o resultado da análise dos artigos em relação às categorias definidas para este estudo que permitiu a identificação das tendências supracitadas.

TABELA 3: Resultado da análise dos artigos referentes a categoria objetivo/tema central e metodologia/fatores investigados.

AUTOR(ES)/ ANO	OBJETIVO / TEMA CENTRAL	METODOLOGIA/ FATORES INVESTIGADOS
1. Samagaia e Peduzzi, 2004	Aplicar um módulo didático, elaborado através da problematização sobre o desenvolvimento e a utilização das bombas nucleares; Fissão nuclear; radiação, reação em cadeia, dentre outros;	Ensino fundamental; Elaboração de um módulo didático; Jogos de papeis (RPG); Decisão quanto a investir ou não em uma verba bastante grande para o desenvolvimento de projeto –construção de super bomba; Entrevistas semiestruturadas.
2. Sorpreso e Almeida, 2010	Compreender o imaginário de licenciandos em física sobre a questão nuclear, numa abordagem histórica em situações nas quais se procurava pensar o ensino médio; Questão nuclear;	Ensino Superior; Atividades com a temática Questão Nuclear incluindo elementos da historia da ciência na disciplina prática de ensino de física e estagio supervisionado; implicações para a formação de professores.
3. Medeiros e Lobato, 2010	Análise do conteúdo radiação em livros didáticos de Química e Física; Análise das concepções prévias dos alunos sobre radiação; Desenvolver e aplicar um material didático para suporte ao ensino e aprendizagem de radiação; Análise do conhecimento adquirido pelos estudantes após estudo do conteúdo; Radiação	Ensino Médio; Seleção e análise de 6 livros do PNLDEM e disponíveis para análise; Questionário; Desenvolvimento de material didático para abordar diversos tipos de radiações presentes no cotidiano; Análise do conhecimento adquirido após aplicação do material didático.
4. Vasconcelos e Leão, 2012	Elaboração e investigação de uma estratégia didática com incorporação do uso de vídeos e outros recursos audiovisuais em sala de aula; Radioatividade.	Ensino Médio; Construção e aplicação de uma Flexquest com tema radioatividade;
5. Eichler, Junges e Del-Pino, 2006	Descrever o software educativo Cidade do átomo e indicar estratégia didática para sua utilização; Energia Nuclear	Ensino Médio; Descreve o software que aborda dentre outras coisas a utilização da energia nuclear na produção de energia elétrica.
6. Schappo, 2010.	Apresentar uma analogia utilizado para descrever os fenômenos de fissão e fusão nuclear durante uma das aulas de um minicurso intitulado: Energia Nuclear: Solução ou Problema?; Energia Nuclear, Estabilidade Nuclear, Fissão e Fusão.	Ensino Médio; Apresenta a montagem do modelo e a sua relação com o modelo teórico.
7. Krapas e Borges, 1998.	Propor uma analogia para o funcionamento do circuito RC	Ensino Superior; A similaridade matemática entre os fenômenos do circuito

	baseado no decaimento de uma amostra radioativa; Decaimento radioativo	RC e do decaimento radioativo.
8. Sorpreso e Almeida, 2008	Evidenciar aspectos do imaginário de licenciando em Física, relacionados ao trabalho com resolução de problemas e com a inclusão da Física Nuclear no Ensino Médio; Questão Nuclear.	Ensino Superior; Acompanhou os alunos na disciplina de Prática de Ensino de Física e Estágio Supervisionado.
9. Souza e Dantas, 2010.	Mostrar que alguns temas de Física Nuclear podem ser abordados em nível conceitual no ensino Médio; Radioatividade, Física Nuclear.	Ensino Médio; Apresentam de forma breve alguns conceitos referentes à radioatividade.
10. Cordeiro e Peduzzi, 2010.	Discutir a possibilidade da utilização didática das conferências Nobel em sala de aula; Radioatividade.	Ensino Médio; Apresentam algumas categorias para implicações educacionais ao se utilizar as conferências: motivacional; histórico-epistemológicos e conceitual.
11. Yang e Anderson, 2003	Investigar o raciocínio (social VS científico) dos alunos do ensino secundário em dois momentos: em um questionário e quando se apresenta uma questão ambiental relacionada com a construção de uma usina nuclear em Taiwan; Energia Nuclear	Ensino Médio; Questionário: Construção de usina nuclear; Entrevista semiestruturada (causa de um incidente – poluição da água- seria a usina nuclear); Características dos estudantes.
12. Wu e Tsai, 2007.	Analisar o raciocínio dos alunos sobre o uso da energia nuclear; Energia Nuclear.	Ensino Médio; Questionário: Concordam ou não com a construção de centros nucleares; Análise da capacidade de argumentar; Capacidade de contra-argumentar; Construção de contraprova; Análise de raciocínio informal sobre o uso da energia nuclear.
13. Colclough, Lock e Soares, 2011	Analisar concepções de alunos, de um curso preparatório de professores, sobre as atitudes e os riscos associados com as radiações ionizantes; Radiação Ionizante.	Ensino Superior; (Física, Química, Biologia e História). Entrevistas envolvendo cenários com temas: Irradiação de Alimentos; Efeitos da Radiação; Contaminação/ Irradiação; Usos da radioatividade.
14. Pliego et al, 2003	Analisar atitudes dos estudantes universitários acerca do fenômeno radioativo, energia nuclear e suas aplicações; Radioatividade.	Especialistas; Ensino Superior; Questionário; Questionário aplicado antes do início de um curso eletivo de radioisótopos. Análise estatística.
15. García-Carmona e Criado, 2008.	Investigar como se trata o tema energia nuclear em relação a abordagem CTS em textos de física e Química na educação científica básica obrigatória; Energia nuclear.	Ensino Médio; Que conteúdos CTS relacionados com a energia nuclear, se incluem nos textos analisados.
16. Gutierrez Et al, 2000.	Indagar o que pensam os alunos sobre temas de física moderna, vinculados com a radioatividade, a estrutura atômica e a energia nuclear.	Ensino Médio; Entrevista.
17. Fortman, 1992.	Propor analogia para o decaimento beta	Não cita público-alvo; Descreve como usar o análogo fazendo relação com o decaimento beta.
18. Bonneau,	Descrever o desenvolvimento de	Ensino Médio; Construção de um guia

1994.	atividades sobre o problema de resíduos radioativos.	sobre a história da radioatividade, resíduos radioativos e radiação ionizante.
19. Campbell, 1995.	Apresentar regras simples para determinação da estabilidade nuclear.	Ensino Superior; Descreve as regras para determinar a estabilidade de um núcleo e o tipo de emissão radioativa.
20. Williams, 1995.	Apresentar possíveis abordagens para o tópico resíduo radioativo.	Ensino Superior; Discute diversos conteúdos de Química que pode ser abordado com a temática.
21. Shultz, 1997.	Descrever analogia para o decaimento radioativo e a cinética de primeira ordem.	Ensino Médio, Alunos de Química em geral e calouros; Descreve a analogia e as etapas de experimento utilizando agitação de dados inicialmente para determinar o tempo de meia-vida do ponto de vista qualitativo e matemático e em seguida utilizando os dados para construção de um gráfico.
22. Know; Know, 1998	Aplicar módulo de ensino baseado em problemas no âmbito científico, político-social e ético.	Ensino Superior (Educação Continuada); Atividades interdisciplinares; resolução de problemas.
23. Crippen; Curtright, 1998.	Utilizar tecnologia para auxiliar na aquisição e análise de dados de decaimento nuclear.	Ensino médio e ensino superior. Apresenta 4 atividades utilizando instrumento para plotar gráficos de estabilidade dos núcleos leves; para isótopos estáveis que ocorrem naturalmente; série de decaimento do urânio-238 e sobre a fissão do urânio-235.
24. Olbris; Herzfeld, 1999.	Familiarizar os estudantes com reações nucleares, a geografia geral da tabela de isótopos nucleares, simulando processos nucleogênicos através de um jogo.	Ensino Superior, Profissionais e professores. Descreve o jogo e as suas regras.
25. Hughes; Zalts, 2000.	Apresentar atividade de modelagem para decaimento radioativo.	Não cita público alvo. Apresenta o passo a passo de como montar um gráfico de decaimento exponencial para ilustrar sobre o uso da radioatividade, seus riscos, limitações e vantagens, utilizando materiais como papel, tesoura e fita métrica;
26. Nakiboglu; Tekin, 2006.	Identificar as concepções dos estudantes do ensino médio sobre conceitos de Química nuclear e conceitos básicos de Química que causam dificuldades para aprendizagem de conceitos de Química nuclear.	Ensino Médio. Para construção do instrumento para identificar as concepções investigou-se os livros didáticos de Química para o ensino médio e observaram-se aulas em ensino regular. Um questionário com 7 questões de múltipla escolha, no qual, além de marcar uma alternativa, os estudantes deveriam explicar o motivo de sua escolha.

Fonte: Adaptado de Costa e Moreira (1996)

TABELA 4: Resultado da análise dos artigos referentes à categoria resultados/fatores relevantes/implicações educacionais e conclusão/considerações/sugestões.

AUTOR(ES)/ANO	RESULTADOS/FATORES RELEVANTES/IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS	CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES/SUGESTÕES
1.	Bom nível de atenção dos alunos; produção de materiais; alunos apresentaram explicações rudimentares sobre a fissão nuclear.	Atendimento de diversos objetivos do movimento CTS; Descentralização do professor;
2.	Os licenciandos acham relevante abordar a história para o surgimento da física nuclear; abordar o tema apenas pelo contexto devido ao grau de dificuldade do tema.	A formação dos licenciandos deve possibilitar que eles compreendam seu imaginário.
3.	Os livros não contextualizam, apenas relacionam alguns conteúdos com eventos ocorridos; Os autores apresentam concepções de alunos sobre radiação, tais como: “são coisas altamente perigosas, pois podem causar câncer de pele. “Radiação é o desprendimento de partículas de um átomo”; “É a capacidade de um átomo ultrapassar o outro”.	A contextualização pode oferecer aos estudantes a possibilidade de identificar o conteúdo a partir de contextos locais; A abordagem permite transformar o ato de ensinar e aprender Química em algo mais agradável e com resultados mais expressivos.
4.	Os estudantes desenvolveram habilidade de ilustrar o assunto de forma real e próxima do cotidiano;	A flexquest satisfaz o estudo sobre a radioatividade, no âmbito de suas aplicações.
5.	O assunto é de contínuo interesse dos estudantes; A abordagem livresca, muitas vezes, não parece suficiente para qualificar as opiniões dos estudantes sobre esse debate;	Utilizar a abordagem em um contexto escolar.
6.	Apresenta características do modelo relacionando-as a analogias.	Os modelos possibilitam desenvolver habilidades de visualização e abstração
7.	Assim como se entende o fenômeno da radioatividade como decaimento com o tempo de uma população de núcleo radioativo, no circuito RC em descarga a população de elétrons na placa do capacitor decai com o tempo.	Interesse assegurado para o ensino superior: formação de professores e cursos específicos de física.
8.	Os alunos criticam o ensino de Física considerando-o voltado para o vestibular e/ou baseado na prática exclusiva de exercícios;	Os alunos não associam a resolução de problemas com a física nuclear;
9.	Sugere o trabalho em sala de aula com, por exemplo: Decaimento Alfa e Transmutação Nuclear – Detectores de Incêndio; Decaimento Beta: Promécio e Bombeamento de Sangre; Fissão Nuclear;	Sugere a utilização de recursos didáticos como animações e vídeos que tratem do assunto.
10.	Motivacionais: Obstáculos transpostos pelos cientistas; Histórico-epistemológicos: Visões de Ciência; Conceitual: A natureza das radiações.	O trabalho pretende gerar subsídios relevantes para discussões do professor com seus alunos.
11.	Os alunos cientificamente orientados mudaram opinião após relatório científico; os	Os leigos cientificamente alfabetizados podem tomar

	socialmente orientados de uma forma geral apresentam uma desconfiança com os dados científicos.	decisões sobre questões que transcendem as tradicionais fronteiras disciplinares.
12.	Alunos que se basearam em provas para tomar decisões mudaram sua opinião após ler relatório sobre o assunto; Os alunos não possuem habilidades suficientes para fazer conexões entre o conhecimento aprendido em sala de aula e as questões sociocientíficas.	Sugerem dar espaço para argumentação em sala de aula; Utilização da internet como ferramenta;
13.	Falta de conhecimento de como a radiação interage com a matéria: “A radiação alfa ‘nocauteia’ os elétrons”; “A radiação entra na célula (por isso é bloqueada).” “A radiação gama é mais penetrável devido a ser mais energética”.	Necessidade formativa do professor; Oferta de cursos mais especializados; Utilizar a temática como tema transversal.
14.	Em geral os alunos apresentam uma atitude positiva frente ao fenômeno radioativo; Ambos os grupos são indiferentes quanto a influência social dos fenômenos radioativos.	Os resultados mostram que existem lacunas em uma suposta alfabetização científica que limita os cidadãos na tomada de decisão frente ao problema da energia nuclear.
15.	Os textos apenas informam a questão da produção da energia elétrica em usinas nucleares; Poucos textos apresentam atividades que proponham um debate sobre as vantagens e desvantagens da produção e uso da energia nuclear.	A energia nuclear não recebe o tratamento e a atenção que merece na educação científica básica.
16.	Os resultados são apresentados em termos de porcentagem destacando-se que 37% dos entrevistados acreditam a propriedade dos materiais radioativos emitirem raios está relacionado com ondas e partículas, 47% pensam que ao emitir raios os elementos permanecem o mesmo, apenas com menor energia; 32% pensam que com o passar do tempo os efeitos dos materiais radioativos diminuem ou permanecem constante.	Os resultados encontrados provavelmente se devem a influência de fatores sociais, meios de comunicação;
17.	A utilização de um análogo é relevante, pois, o decaimento beta é de difícil compreensão por parte dos alunos.	O análogo permite facilmente o estudante compreender o que acontece com um núcleo, ao emitir partícula beta.
18.	A direção da escola solicitou cópias do guia. O guia foi utilizado pelos alunos para discutirem a temática e construírem questões para um debate que ocorreu na escola.	A construção do guia foi relevante para a autoestima dos alunos, bem como para o conhecimento de como tomar uma decisão no mundo real; A experiência ilustra que utilizar uma questão social pode fazer a Química além de interessante, relevante para os alunos.
19.	Pontua regras simples para determinar se um	As regras ajudaram aos

	núcleo é estável ou radioativo, chamando a atenção para abordar o que se entende por estabilidade, além de regras para estabelecer o tipo de emissão radioativa. Refere-se à forma como os livros abordam a questão da estabilidade, chamando a atenção para alguns erros encontrados nas regras para determinar esta estabilidade. Apresenta uma questão sobre o tema para seus alunos.	estudantes a se saírem bem na questão apresentada. Foi utilizado um tempo extra para explicar essas regras, o que aumentou consideravelmente à compreensão sobre o assunto.
20.	Sugere o ensino de radioatividade em duas etapas: a primeira o ensino das emissões básicas (α, β, γ); a segunda enfatizando os efeitos.	É preciso saber o tema de interesse dos alunos e esforço para encontrar relações entre esses interesses e as aplicações Químicas.
21.	A representação gráfica é componente central no experimento, pois, é apontado como uma fraqueza. O jogo proposto e o decaimento obedecem a mesma lei física. O jogo é adaptável para qualquer público	A analogia promove uma conexão natural entre o formalismo matemático e o gráfico que descreve o decaimento. Além de promover uma relação intuitiva de probabilidade estatística relacionada ao decaimento, o faz de forma lúdica.
22.	Antes da aplicação do módulo a radioatividade era ensinada através de palestras; A principio os alunos não reconheciam os conceitos químicos nos problemas; Foram apresentados conceitos relacionados a radiação acompanhados por tarefas, podendo realizá-las com consulta; Os estudantes gostaram da atividade como veículo para aprender sobre radioatividade;	O exercício de aprendizagem baseado em problemas é flexível quanto a sua aplicação a diversos públicos; Os estudantes da educação continuada apresentaram melhor entendimento que os que assistiram apenas palestras.
23.	Os estudantes desenvolveram conceitos em relação a decaimento nuclear e uma noção sobre resíduo radioativo produzido pela fissão nuclear.	Para acompanhar a atividade pode ser incluída uma maior investigação sobre a questão científica, social e tecnológica da energia nuclear de forma pacífica. O uso de instrumentos tecnológicos serve como uma base para integrar disciplinas científicas e a matemática.
24.	O jogo é apropriado como exercício de laboratório, deve ser jogado individualmente, onde objetivo é alcançar o estado de estabilidade, sendo para isso necessário fazer cálculos de decaimento ou fusão.	Para construção do jogo teve que ser feitas simplificações; O jogo é longo, podendo ser resolvido a questão do tempo com o aumento do número de participantes.
25.	Após a construção do gráfico ele pode ser utilizado para simular algumas situações como, por exemplo, datação arqueológica.	Com pequenas modificações o procedimento pode ser adaptado para situações envolvendo lixo nuclear.
26.	Algumas concepções identificadas no estudo: Quanto maior o número atômico e o número de	Um dos obstáculos para a aprendizagem efetiva da

massa, mais estável é o núcleo; Radiação causa câncer; Irradiação de alimentos é radioativo; Radioisótopos são usados para energia porque são prejudiciais aos seres humanos; A taxa de decaimento radioativo depende da temperatura.

Química Nuclear é que os conceitos relacionados a ela são muito abstratos; Os professores devem enfatizar a diferença entre reação Química e reação nuclear; O uso de simulações pode ser uma forma de superar a dificuldade de compreensão de conceitos abstratos;

Fonte: Adaptado de Costa e Moreira (1996)

4.2 ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ALUNOS

A seguir apresentaremos a análise das concepções prévias dos alunos, coletadas em dois momentos, o primeiro através do questionário com afirmativas sobre a temática e o segundo através da análise da situação-problema e o levantamento de hipóteses.

4.2.1 Análise das concepções prévias dos licenciandos - afirmativas

O questionário para análise das concepções prévias foi apresentado aos alunos composto por de 14 afirmativas, as quais eles deveriam ler e analisar de forma a concordarem ou discordarem com o que estava sendo exposto, sendo estipulado o tempo de 1 hora para entrega. Caso discordassem foi solicitado que justificasse a discordância, propondo uma correção. Esta etapa do levantamento das concepções prévias teve como objetivo fazer com que os alunos tivessem um primeiro contato com o tema, expondo ali suas compreensões e em que medida estas compreensões deveriam ou não ser ampliadas, além disso, é o momento em que, conforme já exposto, Meirieu (1998) propõe como avaliação diagnóstica, no sentido de ter uma ideia do nível cognitivo dos alunos e as possibilidades da situação que foi elaborada estar adequada ao público que foi aplicado. Isto eles puderam identificar durante as demais etapas da proposta. Durante esta etapa alguns alunos questionaram se poderiam depois obter a resolução do questionário para verificar se estavam ou não indo pelo caminho certo, pois, afirmaram que não possuíam alguns conhecimentos sobre o assunto. Este fato ficou mais evidente em um depoimento de um dos participantes: *“É mais fácil concordar, é uma informação nova”*.

A análise será apresentada por afirmativa, que serão expostas de forma quantitativa e apresentaremos alguns exemplos de justificativas dadas pelos estudantes.

Afirmativa 1. Os materiais radioativos e a radiação não ocorrem naturalmente, eles foram criados pelos cientistas.

Categorias	%
RS	14,3
RPS	71,4
RNS	14,3

A afirmativa 1 mostra que a maioria dos estudantes compreendem que os materiais radioativos e a radiação ocorrem naturalmente, mas não conseguem expor que além da radioatividade natural também podemos encontrar a radioatividade artificial, fato que foi lembrado por 3 (14,3%) das 18 justificativas apresentadas pelos alunos ao discordarem da afirmação, já a maioria (71,4%), apesar de discordarem corretamente não citaram a radioatividade artificial, logo suas justificativas foram consideradas RPS. Alguns exemplos que ilustram a RPS, podem ser observados a seguir:

“A radiação ocorre naturalmente. É espontâneo o processo”.

“Os materiais radioativos podem ser encontrados na natureza como no caso do U”.

“Os materiais radioativos e a radiação ocorrem naturalmente, no entanto os cientistas alteram algumas de suas propriedades para aumentar ou diminuir sua estabilidade e poder de reação”.

Afirmativa 2. O uso da radiação ionizante não é recomendável em métodos de conservação de alimentos.

Categorias	%
RS	0
RPS	4,8
RNS	95,2

Pelo que foi apresentado na tabela, quase que a totalidade dos estudantes apresentou RNS, o que mostra a falta de informação sobre os métodos de conservação de alimentos utilizando para isso a radiação ionizante, apenas um dos alunos discordou da afirmativa, porém sua justificativa fez com que sua resposta se enquadrasse na categoria Resposta Parcialmente Satisfatória:

“Possivelmente a radiação ionizante pode estabilizar moléculas de determinados alimentos”.

Segundo a Comissão Nacional de Energia Nuclear⁷, na agricultura uma aplicação importante é a irradiação para a conservação de produtos agrícolas, como batata, cebola, alho e feijão. Batatas irradiadas podem ser armazenadas por mais de um ano sem murcharem ou brotarem.

Afirmativa 3. O corpo humano é capaz de detectar a radioatividade.

Categorias	%
RS	0
RPS	66,7
RNS	33,3

Apesar de discordarem corretamente da afirmativa as respostas foram deslocadas para pouco satisfatória, pois, como o objetivo da questão era identificar se os estudantes sabiam de que forma podemos detectar a radioatividade, nenhuma das justificativas se referia a isso, ao contrário, muitas das justificativas apresentavam uma confusão entre irradiação e contaminação radioativa. Já que os alunos ao explicaram sua opção, discordam da afirmação e ao mesmo tempo se contrariam ao citarem que o ser humano detectaria futuramente através dos efeitos que a radioatividade pode vir a causar. Os exemplos a seguir ilustram esse tipo de resposta:

“Discordo, pois quando Marie Curie descobriu o rádio e o polônio, por exemplo, não sabia que estava se contaminando”.

“O corpo humano não é capaz de detectar a radioatividade. A radioatividade não pode ser sentida de imediato pelo corpo, mais sim seus sintomas com o passar do tempo. Isso também depende do tempo de exposição a radiação”.

“O corpo humano só é capaz de detectar a radiação se ela provocar algum distúrbio ao organismo e nem sempre isso ocorre de forma imediatista”.

“discordo, pois em alguns casos ocorridos as pessoas poderiam ter detectado antes de serem contaminadas pela radiação precavendo-se de malefícios”.

O efeito das radiações ionizantes em um indivíduo depende basicamente da dose absorvida (alta/baixa), da taxa de exposição (crônica/aguda) e da forma da exposição (corpo inteiro/localizada) (CNEN, 2012). Sendo a irradiação quando o indivíduo está exposto a

⁷ Fonte: <http://www.cnem.gov.br/ensino/apostilas/aplica.pdf>, acesso em 18/10/2012

energia característica emitida por uma fonte radioativa e a contaminação quando este entra em contato com o material radioativo (RODRIGUES JUNIOR, 2007).

Afirmativa 4. Os elementos radioativos se transformam em outros elementos químicos ao emitirem radiações.

Categorias	%
RS	47,6
RNS	52,4

Para esta afirmativa seriam consideradas RS se os estudantes concordassem com o exposto. Nesse caso eles não precisariam justificar sua escola. Vemos que 52,4% dos questionários analisados apresentaram discordância com a afirmativa, alguns das justificativas podem ser vistas a seguir:

“Eles liberam íons diminuindo sua carga, mas não se transformam em outros elementos”.

“Os elementos radioativos não se transformam em outro elemento, em algumas situações alteram o seu estado”.

“A emissão de partículas contendo prótons provoca a transformação de um elemento químico em outro, já a emissão de partículas contendo nêutrons e não prótons provoca apenas o surgimento de um isótopo”.

Afirmativa 5. O número de elétrons na camada de valência é o único fator que afeta a estabilidade do núcleo atômico.

Categorias	%
RS	0
RPS	52,4
RNS	47,6

Observamos na tabela que um pouco mais que a metade dos estudantes discordou da afirmativa, porém as justificativas apresentadas por eles mostram erros em relação a conceitos básicos da estrutura do átomo na falta de coerência quanto a falar de estabilidade do núcleo relacionando com elétrons, sabendo que os elétrons não se encontram no núcleo, logo, eles não podem afetar diretamente a sua estabilidade. Os exemplos a seguir ilustram esse tipo de confusão:

*“O n° de elétrons **não é o único** fator que afeta a estabilidade do núcleo atômico, há ainda os prótons (radioisótopos)”.*

*“O numero de nêutrons no núcleo **também** afeta a estabilidade do núcleo, sua variação pode provocar a fissão do átomo, aliado a outros eventos”.*(grifo nosso).

*“A estabilidade do núcleo de um átomo é afetado **não somente** pelo numero de elétrons de Valência, mas também pelo número de nêutrons presentes no núcleo. É o que acontece por exemplo com os isótopos de hidrogênio. O ${}^1\text{H}^1$ é mais estável que o ${}^1\text{H}^3$ que possui maior massa devido a presença dos nêutrons”*

Afirmativa 6. Após um ano do acidente de Chernobyl (Ucrânia), que ocorreu em 1986, já foi possível verificar que nas regiões ao redor da usina os níveis de radiação eram mínimos.

Categorias	%
RS	38,1
RPS	33,1
RNS	33,3

Conforme é apresentado na tabela observamos que a maioria dos estudantes discordou da afirmação, porém, muitas das justificativas dadas por eles foram vagas ou, em alguns casos, não era dada nenhum tipo de explicação. Dentre os que discordaram 8 (38,1%) justificaram de forma a sua resposta ser considerada satisfatória, os exemplos a seguir explicitam esse tipo de resposta:

“Possivelmente ainda haviam resíduos radioativos. Alguns elementos levam anos consideráveis para desintegrarem, tornando-se estáveis ao se converterem em outros elementos”.

“O tempo de meia-vida dos elementos e a quantidade de radiação liberada é quem vai determinar o tempo necessário para saber se realmente diminuiu os níveis de radiação”.

“Acredito que apenas um ano após o acidente de Chernobyl, os níveis de radiação na região em torno da usina continuaram elevados”.

Exemplos de RPS podem ser vistos a seguir:

“Acredito que em um período de tempo curto de um ano o nível de radiação encontrado ao redor da usina seria maior”.

“Acredito que não foi possível verificar”.

Afirmativa 7. O tempo de meia vida de um radioisótopo está relacionado com sua estabilidade, neste caso, quanto menor a estabilidade menor o tempo de meia vida.

Categorias	%
RS	85,7
RNS	14,3

Como podemos ver para essa afirmativa tivemos que a maioria dos estudantes concordou corretamente com o que estava sendo exposto. Dos 21 alunos apenas três (14,3%) discordaram, sendo que desses três, dois não explicam o motivo da discordância, a justificativa abaixo é dada por um dos alunos que não concordaram com a afirmação:

“O tempo de meia-vida está relacionado com a concentração do composto”.

Em pesquisa para identificar as concepções dos alunos sobre Química nuclear, Nakiboglu e Tekin (2006) também encontram equívocos em relação a como estes compreendem os fatores que influenciam o tempo de meia-vida. Os autores conseguem identificar, por exemplo, que, os alunos acreditam que o tempo de meia-vida está relacionado a fatores físicos, como por exemplo, a temperatura e, ao contrario do que foi observada nesta investigação, a pesquisa mostra que os estudantes entrevistados acreditam que um núcleo atômico que tem maior meia-vida é o menos estável.

Afirmativa 8. A partícula alfa possui maior poder de penetração que a radiação gama devido a ser mais energética.

Categorias	%
RS	57,1
RPS	14,3
RNS	28,6

Notamos que a maioria dos alunos (15) apresentou um bom entendimento sobre o poder de penetração da partícula alfa e, apesar de na afirmativa trazeremos a expressão “radiação gama” e comparar ela com a partícula alfa, três justificativas foram relocadas para a RPS, pois apresentaram erros conceituais. Os exemplos abaixo ilustram esse tipo de justificativa:

“A partícula gama possui maior poder de penetração pois é mais energética”.

“Acho que a beta tem maior poder de penetração”.

“A partícula (grifo nosso) gama tem maior poder de penetração que a alfa”.

Afirmativa 9. A partícula beta é mais nociva que a alfa, pois tem maior poder de penetração.

Categorias	%
RS	90,5
RNS	9,5

Em relação a esta afirmativa vimos que a maioria dos alunos concordou com o que estava sendo exposto, o que mostra o entendimento da natureza das emissões radioativas. As justificativas abaixo são apresentadas pelos estudantes que discordaram com a afirmação:

“a alfa contém o maior poder de penetração, sendo a mais nociva”.

“a partícula beta não é a mais nociva”

Afirmativa 10. Quando atingido por radiação é impossível perceber imediatamente, já que a radiação não provoca dor ou lesão visível.

Categorias	%
RS	66,7
RNS	33,3

A maioria dos estudantes concordou com a afirmação, sendo então considerada RS. Os que não concordaram com o que estava sendo exposto são contraditórios na sua justificativa e/ou apresentam confusão quanto ao tipo de radiação que estava sendo referido, conforme mostra os exemplos abaixo:

“conforme o tempo de exposição a radiação os sintomas podem levar até vários anos para que possam ser notados”.

“não é possível perceber imediatamente”

“Eu acho que não, pois os raios do sol são um tipo de radiação e quando saímos ao sol, sentimos uma alteração de temperatura, principalmente se passamos muito tempo exposto a essa radiação, podemos adquirir manchas vermelhas, que causa dor, como uma insolação por exemplo, e também essa exposição em alto nível, e em um espaço de tempo grande pode causar até câncer de pele”.

Afirmativa 11. Para proteção de exposição à radiação considera-se o fator distancia, ou seja, quanto mais longe da fonte melhor.

Categorias	%
RS	23,8
RPS	61,9
RNS	14,3

Na afirmativa 11 a maioria das respostas foi classificada na categoria respostas pouco satisfatória. Cerca 61,9% dos estudantes deram respostas que mostravam um conhecimento básico sobre as formas de proteção radioativa, desconhecendo outros fatores como, por exemplo, equipamentos de segurança, 5 (23,8) respostas foram consideradas satisfatória pois discordaram com a afirmação incluindo outros elementos para proteção, conforme os trechos abaixo mostram:

“Discordo, pois não apenas com a distância como também roupas de proteção e etc”.

“O fator distancia é apenas um dos meios de proteção, existem varias outras formas de proteção”.

Afirmativa 12. O mecanismo que descreve uma reação nuclear é semelhante ao de uma reação Química.

Categorias	%
RS	4,8
RPS	28,9
RNS	66,7

Essa afirmação apresentou um alto índice de respostas não satisfatória (66,7%). O que observamos é que existe uma falta de entendimento quanto ao fenômeno radioativo, que ocorre a nível nuclear, mais uma vez não sendo interferido pelos elétrons, caso que se observa na reação Química, onde novos produtos são formados a partir da quebra e formação de ligações Química. Dos que discordaram da afirmação ou não apresentaram nenhuma justificativa ou não conseguem deixar claro o motivo de discordarem com o exposto. As respostas abaixo ilustram este caso:

“Acredito que deve ser diferente”.

“Acredito que o mecanismo de uma reação nuclear seja mais complexo e, de certo modo, diferente de uma reação Química. Uma reação nuclear pode produzir produtos a partir de uma única fonte”.

“Discordo, pois creio que o mecanismo que descreve uma reação nuclear é mais complexo do que uma reação Química”.

Afirmativa 13. Ao entrar em contato com uma fonte radioativa não selada o indivíduo pode se contaminar

Categorias	%
RS	95,2
RNS	4,8

Apenas 1 estudante apresentou uma resposta considerada RNS. Porém, apesar de discordar da afirmativa, a justificativa apresentada por ele mostra que ele compreende o que uma fonte não selada pode sim contaminar o indivíduo que entrar em contato com ela, sendo contraditório na sua escolha:

“Se não estiver protegido, é claro que se pode haver contaminação”.

Afirmativa 14. A utilização de radioisótopos na cura do câncer é eficiente se este tiver um tempo de meia vida curto.

Categorias	%
RS	0
RPS	23,8
RNS	76,2

Conforme mostra a tabela, a maioria das respostas mostra pouco conhecimento dos alunos em relação às características e propriedades dos radioisótopos que devem ser consideradas no tratamento do câncer. Apesar de 23,8% dos estudantes discordarem da afirmativa não conseguiram expor de forma correta o motivo por terem discordado. Os exemplos abaixo ilustram esse tipo de resposta:

“Há necessidade de um tempo de meia vida maior para eficiência na cura, já que afeta a estabilidade que também deveria ser maior”.

“Será eficiente se combater e curar o câncer, mas a vida de uma pessoa é bem menor do que a meia vida dos radioisótopos”.

“Vai depender do tratamento utilizado para cada tipo de câncer. Pode ser que para um certo tipo de câncer o tempo de meia vida de um elemento será eficaz se for mais longo”.

4.2.2 Análise do levantamento de hipóteses

Para analisar o levantamento de hipóteses dos alunos em relação à situação-problema e de que forma cada grupo utilizou o guia de análise da SP, usamos as orientações de Moras e Galiazzi (2011) para análise textual discursiva. Primeiramente fragmentamos as respostas buscando elementos (unidades de significado) que envolvam conceitos de radioatividade, codificando cada um. Em um segundo momento buscou-se relações entre essas unidades possibilitando, assim, a criação de categorias, onde cada elemento foi distribuído.

- ***Respostas do “Guia de Análise da Situação-Problema”***

Para as respostas dadas pelos grupos durante a análise da situação-problema encontramos as seguintes unidades de significado:

- Estabilidade
- Tempo de meia-vida
- Conceitos de radioisótopos
- Radiação nuclear
- Tipo de radiação
- Forma de propagação da radiação
- Propriedades dos radioisótopos
- Tratamento de câncer utilizando radioisótopos.
- Interação dos radioisótopos com a matéria.

A partir das unidades de significado pudemos estabelecer as seguintes categorias:

1 – Decaimento nuclear: Observamos que todos os grupos citam o decaimento radioativo durante a análise da SP, seja como um dos conhecimentos que já possuem em relação à

temática ou alguns questionamentos quanto à situação-problema. Conforme vemos nos trechos a seguir:

“O material utilizado (cobalto) pode ser transformado em um novo elemento, pelo decaimento de sua massa com o passar do tempo” (Grupo 1)

“O que acontece quando a bomba de cobalto estar vencida? Isso influencia no tempo de meia vida do radioisótopo?” (Grupo 2)

2 – Conceito de Radioatividade e Radioisótopos: A definição desta categoria aponta uma dificuldade em relação a conceitos básicos de radioatividade, como radioisótopos e as radiações. Os grupos expuseram suas inquietações sobre que propriedades os radioisótopos deveriam ter para este tipo de tratamento, associando-as a uma das perguntas trazidas pela situação-problema:

“O que é radioatividade; o que é radioisótopos; quais os elementos radioativos que agem no tratamento do câncer”. (Grupo 3).

“Quais tipos de radioisótopos são eficientes no tratamento de doenças?” (Grupo 1).

“Quais critérios são usados para escolha de um radioisótopo, para determinada doença?” (Grupo 1)

“Quais características e propriedades deve ter um radioisótopo usado no tratamento do câncer?” (Grupo 2)

3 – Tratamento de radioterapia simulado: Nesta categoria os grupos utilizam dados trazidos pelo texto que acompanha a SP, quando solicitados que respondam do que se trata a situação-problema. Para este caso, percebemos que eles se apegam mais ao texto do que as perguntas propriamente ditas, fugindo um pouco da compreensão do que seja, de fato, a situação-problema:

“trata-se da investigação sob a suspeita de ter simulado tratamento de radioterapia oferecidos a pacientes com câncer, que passaram pelo acelerador linear, em um período que o aparelho estava quebrado, ainda funcionando com a bomba de cobalto vencida” (Grupo 2).

“De uma ineficiência no tratamento de câncer ocasionado pela deficiência dos equipamentos e vencimento da bomba de cobalto” (Grupo 4).

- ***Levantamento de hipóteses da Situação-Problema.***

Após análise da situação-problema feita pelos grupos, os alunos foram levados a propor uma resposta (hipótese) para a mesma. Esta etapa insere-se dentro do que Campos e Nigro (1999) chamam de ciclo investigativo e, através da discussão e argumentação entre os membros do grupo e análise da SP, possibilitou a construção de hipóteses que posteriormente puderam ser

testadas. Também reforça a importância deste momento para o que Meirieu (1998) propõe como forma de emergência da informação, dentro da avaliação diagnóstica. Este tipo de atividade permite que o estudante reconheça suas representações e se apoie nelas para construir sua própria aprendizagem, também dá subsídios para que o professor direcione o seu trabalho de forma a permitir que o aluno relacione o que já sabe com aquilo que será adquirido.

A busca por identificar a presença do caráter microscópico, macroscópico e representacional, nas respostas elaboradas pelos alunos, mostra que um mesmo problema pode ser abordado e interpretado pelos grupos de diversas maneiras. A leitura das hipóteses revela que nenhum dos grupos elaborou sua resposta considerando o caráter representacional do conhecimento químico, o que se torna totalmente compreensível, visto que este aspecto necessita de uma maior capacidade de abstração, por ser de linguagem mais elaborada, compreendendo “informações inerentes à linguagem Química, como fórmulas e equações Químicas, representações dos modelos, gráficos e equações matemáticas” (MORTIMER, MACHADO; ROMANELLI, 2000, p. 277).

Os QUADROS 6, 7 e 8 trazem as respostas dadas pelos alunos no momento de levantamento de hipóteses, bem como em qual aspecto do conhecimento químico cada uma se insere.

QUADRO 6: Respostas dadas pelos alunos para a pergunta “Diante deste fato, o que significa dizer que a bomba de cobalto estava vencida?”

<i>1. Diante deste fato, o que significa dizer que a bomba de cobalto estava vencida?</i>				
Grupo	Resposta	Nível de conhecimento Químico		
		Micro	Macro	Representacional
1	<i>A eficiência da bomba de cobalto foi alterada com o passar do tempo, por isso ela não emite mais radiação necessária</i>	Quando associa o vencimento da bomba de cobalto a diminuição da emissão de radiação.	-	-
2	<i>O tempo de meia vida do cobalto foi ultrapassado e por esse motivo sua atividade radioisotópica estava reduzida e desse modo, ele não tinha eficiência no tratamento da doença</i>	Ao citar que o tempo de meia-vida fora ultrapassado.		-
3	<i>O cobalto parou de reagir</i>	-	Ao citar o termo reagir, mesmo apresentando erro conceitual uma reação só	-

			é detectada se apresentar algumas evidências.	
4	<i>significa que o tempo de meia vida útil do cobalto não surtia efeito para o tratamento. Certamente há outros elementos químicos com o tempo de meia vida maior que o cobalto, mas não que não serve para o tratamento</i>	Ao citar o tempo de meia-vida e considera-lo como propriedade relevante para um radioisótopo usado para esse tipo de tratamento.	-	-

Fonte: Produção própria

QUADRO 7: Respostas dadas pelos alunos para a pergunta “O que deve ser considerado na hora de escolher um radioisótopo para este tipo de tratamento?”

2. O que deve ser considerado na hora de escolher um radioisótopo para este tipo de tratamento?				
Grupo	Resposta	Nível de conhecimento Químico		
		Micro	Macro	Representacional
1	<i>Suas propriedades e meia-vida</i>	Ao citar as propriedades e o tempo de meia-vida	-	-
2	<i>Deve ser considerado as propriedades do radioisótopo, sua eficiência na redução de tumores, seus efeitos colaterais e estabilidade</i>	Ao incluir o tempo de meia-vida e a estabilidade do radioisótopo para justificar sua escolha neste tipo de tratamento,	Ao arrolar os efeitos do radioisótopo.	-
3	<i>Levantar informações sobre a especificidade de atuação do radioisótopo no tratamento de doenças em particular</i>	-	Ao inferir sobre a necessidade de saber como um radioisótopo atua.	-
4	<i>o tipo de radiação se ela é eficiente para o tratamento.</i>	Ao se referir ao tipo de radiação emitida pelo radioisótopo.	-	-

Fonte: Produção própria

QUADRO 7: Respostas dadas pelos alunos para a pergunta “Além do tratamento do câncer, utilizam-se radioisótopos para o diagnóstico de doenças, porém, estes devem ter características diferentes dos que são usados para fins de terapia. Qual explicação você daria?”

Além do tratamento do câncer, utilizam-se radioisótopos para o diagnóstico de doenças, porém, estes devem ter características diferentes dos que são usados para fins de terapia. Qual explicação você daria?				
Grupo	Resposta	Nível de conhecimento Químico		
		Micro	Macro	Representacional
1	<i>Os radioisótopos para diagnóstico devem ser mais fracos do que os radioisótopos de tratamento, pois se for utilizado um radioisótopo inadequado no diagnóstico ele pode ativar as células cancerígenas”</i>	-	Ao argumentar que um radioisótopo inadequado pode causar efeitos indesejados	-
2	<i>Os radioisótopos usados no diagnóstico de doenças não devem ter eficiência no tratamento das doenças apenas na identificação</i>	-	Ao explicar que para cada aplicação existe um radioisótopo específico.	-
3	<i>Não responde</i>	-	-	-
4	<i>elas possuem poder de penetração diferentes e adequado para o uso determinado</i>	Ao citar uma propriedade dos radioisótopos, considerando-a como determinante na definição de sua aplicação.	-	-

Fonte: Produção própria

4.3 ANÁLISE DAS INTERAÇÕES PROFESSOR-ALUNO DURANTE A ABORDAGEM TEÓRICA

Durante a aula teórica, que envolveu aula expositiva com utilização dos instrumentos e discussão em grupos, dois pontos que se destacaram foram à humanização da ciência e a temática sendo relacionada a todo momento com a realidade dos participantes. A humanização se deu através do resgate histórico, que foi além de uma simples apresentação

dos fatos, mostrando os cientistas e suas descobertas, que foram essenciais para o desenvolvimento das pesquisas sobre radioatividade, à luz da realidade da época. A realidade dos alunos foi relacionada a temática a todo momento, como por exemplo, as aplicações da radioatividade no setor alimentício e no tratamento de câncer, tema central da situação-problema.

A dinâmica escolhida para a proposta, intercalando entre teoria, utilização dos instrumentos e discussão em grupo, mostra que a diversificação de estratégias torna o processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico e atrativo para os alunos, a partir do momento em que eles se sentem inseridos no processo. Eles passam a ter voz, podendo expor suas dúvidas, opiniões e experiências sobre o tema, interagindo com o professor e o pesquisador e os demais colegas. Algumas observações puderam ser feitas durante o processo:

- Ao humanizar e relacionar a radioatividade com o cotidiano dos alunos, eles se sentiram a vontade para expor suas opiniões a respeito da temática;
- Os alunos se mostraram participativos, motivados a responder os questionamentos colocados pelo professor, mostrando ter conhecimento básico sobre a temática;
- Durante a aula teórica foi possível relacionar com outras áreas do conhecimento, como a física e a biologia.
- As interações permitiram os alunos a questionarem suas ideias, confrontando-as com as novas informações trazidas pelo professor e pelos colegas.
- Algumas concepções alternativas foram identificadas através de perguntas feitas pelos alunos ao professor como, por exemplo: “Os transgênicos são iguais a alimento irradiado? Irradiação pode retardar o envelhecimento dos seres humanos? Como mata o câncer? Ele quebra, queima, bloqueia? O paciente sente dor? A radioatividade dói? É usado algum tipo de anestesia?”.

4.4 ANÁLISE DA RESPOSTA À SITUAÇÃO-PROBLEMA

Para analisar as respostas dadas à situação-problema pelos grupos, buscamos identificar os três níveis de conhecimento químico que, segundo Mortimer, Machado e Romanelli (2000), do ponto de vista didático, distinguem-se em três aspectos: fenomenológico (macroscópico), teórico (microscópico) e representacional (simbólico). Ainda segundo os autores:

“A maioria dos currículos tradicionais e dos livros didáticos, enfatiza sobremaneira o aspecto representacional, em detrimento dos outros dois. A ausência dos fenômenos nas salas de aula pode fazer com que os alunos tomem por “reais” as fórmulas das substâncias, as equações Químicas e os modelos para a matéria. É necessário, portanto, que os três aspectos compareçam igualmente” (p. 277).

A resposta apresentada pelos grupos 2 e 4, para a primeira pergunta da situação-problema, contempla de forma satisfatória os três níveis de conhecimento químico. Observa-se a influência dos instrumentos didáticos na construção da resposta, além da presença de inferência relacionando com o texto de apresentação da situação-problema. O grupo 1 tem sua resposta categorizada como RPS, apresentando-a de forma geral, pouco estruturada. Já o grupo 3 apresenta uma conclusão simples, deixando de incluir elementos trazidos pelas discussões e pelos instrumentos utilizados durante a realização da proposta. A resposta dada pelos grupos, bem como a identificação dos níveis do conhecimento químico, estão expostas no QUADRO 9:

QUADRO 9: Resposta final dos grupos para a pergunta “Diante deste fato, o que significa dizer que a bomba de cobalto estava vencida?”

<i>1. Diante deste fato, o que significa dizer que a bomba de cobalto estava vencida?</i>					
Grupo	Resposta	Nível de conhecimento Químico			Categoria da Resposta
		Micro	Macro	Representacional	
1	<i>Dizemos que uma bomba de cobalto está vencida, quando o elemento cobalto já atingiu seu tempo de meia vida, diminuindo sua eficiência, ou seja, ela tem sua atividade diminuída.</i>	Ao citar que com o tempo de meia-vida atingido a atividade do radioisótopo foi diminuída.	Ao inferir que, devido ao tempo de meia vida ter sido atingido, a eficiência do radioisótopo não era a mesma.	-	RPS
2	<i>A pastilha de cobalto, fonte de radiação do equipamento de radioterapia, tinha ultrapassado o tempo de meia vida e por esse motivo, o número de partículas beta emitidas foi reduzido tornando-se insuficiente para o tratamento adequado da</i>	Ao explicar que o número de emissões de partículas tinha sido reduzido, pois o tempo de meia-vida do radioisótopo foi ultrapassado.	Ao concluir que o tratamento não era adequado, pois o número de partículas emitidas reduzido.	Ao citar a partícula beta como radiação emitida pelo cobalto.	RS

	<i>doença.</i>				
3	<i>Estava vencida no sentido de que ultrapassado um determinado tempo (tempo de meia-vida) o radioisótopo em questão já não emite radiação com a mesma intensidade.</i>	Ao vincular o tempo de meia-vida ao vencimento da bomba de cobalto	-	-	RNS
4	<i>Dizer que a bomba de cobalto estava vencida significa que já tinha sido ultrapassado o tempo de meia-vida (5 anos), ou seja, a taxa de radiação emitida diminui bastante, comprometendo a qualidade do tratamento, pois o tempo gasto para tratar o câncer estava sendo bem maior, visto que menos radiação estava sendo emitida após o vencimento.</i>	Ao vincular o tempo de meia-vida ao vencimento da bomba de cobalto e a diminuição de radiação emitida.	Ao concluir que o tratamento tinha sido comprometido devido a taxa de radiação ter sido diminuída.	Ao mencionar o tempo de meia-vida do radioisótopo.	RS

Fonte: Produção própria

Para a segunda pergunta da situação-problema, esperava-se que os grupos trouxessem aspectos do nível microscópico e representacional do conhecimento químico. Três grupos apresentaram resposta satisfatória, alcançando o esperado e mostrando mais uma vez que a utilização dos instrumentos didáticos foi de grande importância ao trazer elementos que complementaram a aula teórica. Um grupo teve sua resposta categorizada como RPS, pois, apesar de abordar dois aspectos do conhecimento químico, o microscópico e macroscópico, este último não estava dentro do esperado para esta questão. O quadro abaixo mostra com detalhes a análise dos resultados encontrados:

QUADRO 10: Resposta final dos grupos para a pergunta “O que deve ser considerado na hora de escolher um radioisótopo para este tipo de tratamento?”

2. O que deve ser considerado na hora de escolher um radioisótopo para este tipo de tratamento?					
Grupo	Resposta	Nível de conhecimento Químico			Categoria da Resposta
		Micro	Macro	Representacional	
1	<i>Na hora da escolha de um radioisótopo para tratamento deve ser considerado o tempo de meia vida do radioisótopo e os tipos de radiação que ele emite que devem ser preferencialmente α e β, devido ao seu alto poder de ionização.</i>	Ao citar o tempo de meia-vida, o tipo de e o poder de ionização da radiação que deve ser emitido pelo radioisótopo.	-	Ao citar as partículas alfa e beta através de seus respectivos símbolos.	RS
2	<i>Além do seu tempo de meia-vida que não pode ser muito curto, nem muito longo deve ser considerado para escolha de um radioisótopo o tipo de radiação emitida que deve ser preferencialmente de partículas α e β, possuem auto (alto) poder de ionização responsável pela destruição ou danificação das células cancerígenas.</i>	Ao citar o tempo de meia-vida, o tipo de e o poder de ionização da radiação que deve ser emitido pelo radioisótopo.	Ao explicar a partícula emitida pelo radioisótopo deve ter alto poder de ionização para destruir as células cancerígenas.	Ao citar as partículas alfa e beta através de seus respectivos símbolos.	RS

3	<i>Deve ser considerado o poder de ionização, pois quanto mais ionizável é a partícula incidente maior será a destruição da célula cancerígena pelos efeitos da radiação além de emitir partícula alfa e beta. O tempo de meia vida deve ser maior do que utilizado no diagnostico.</i>	Ao citar o tempo de meia-vida, o tipo de e o poder de ionização da radiação que deve ser emitido pelo radioisótopo.	Ao explicar que quanto mais ionizável a partícula, maior será a destruição das células cancerígenas.	-	RPS
4	<i>O radioisótopo escolhido para o tratamento deste tipo de câncer é o que emite radiação β, que emite um tipo de radiação mais energética do que a alfa e menor do que a gama. A radiação apresenta características com meia ionização e penetração.</i>	Ao citar o poder de penetração da partícula como propriedade a ser levada em consideração na hora de escolher um radioisótopo para o tratamento de câncer.	-	Ao trazer a representação da partícula beta.	RS

Fonte: Produção própria

Ao concluir a terceira pergunta da situação-problema, pede-se que os grupos expliquem o motivo pelo qual as características de um radioisótopo para o tratamento de câncer é diferente das que são levadas em consideração nos utilizados para diagnóstico. Assim, uma explicação bem elaborada é classificada como RS se contempla os três níveis de conhecimento químico. Dois grupos conseguiram alcançar o objetivo desta pergunta, tendo suas respostas classificadas como RS, observamos também a presença de inferência, destacando também a questão do tempo que o indivíduo está em contato com a radiação (grupo 1) e o cuidado de não afetar células não cancerígenas (grupo 2). Os grupos 3 e 4, têm suas respostas classificadas como RPS, pois detêm suas conclusões se apegando mais ao aspecto representacional, ou seja, a eficiência e/ou consequências no uso de determinado radioisótopo. Podemos observar essas características no QUADRO 10 :

QUADRO 11: Resposta final dos grupos para a pergunta “Além do tratamento do câncer, utilizam-se radioisótopos para o diagnóstico de doenças, porém, estes devem ter características diferentes dos que são usados para fins de terapia. Qual explicação você daria?”

3. Além do tratamento do câncer, utilizam-se radioisótopos para o diagnóstico de doenças, porém, estes devem ter características diferentes dos que são usados para fins de terapia. Qual explicação você daria?						
Grupo	Resposta	Nível de conhecimento Químico			Categoria da Resposta	
		Micro	Macro	Representacional		
1	<i>Para o diagnóstico de doenças utilizamos os raios gama, pois ele tem alto poder de penetração, o que é relevante no caso de diagnóstico, visto que a radiação é utilizada apenas uma vez. Já no tratamento, como o uso da radiação é continua os raios utilizados são os raios α e β, que apresentam baixo poder de penetração, porém possui alto poder de ionização, o que torna o tratamento eficiente.</i>	Ao citar as propriedades de poder de penetração e poder de ionização.	Ao inferir que o alto poder de penetração dos raios gama faz com que no uso diagnóstico ele seja utilizado apenas uma vez, já para o tratamento o alto poder de ionização torna-o eficiente.	Ao citar as partículas alfa e beta através de seus símbolos.	RS	
2	<i>Os radioisótopos usados para o diagnóstico de doenças, devem ter um tempo de meia-vida curto, uma vez que esse tipo de procedimento envolve a absorção do radioisótopo pelo corpo do paciente, e desse modo devem se desintegrar rapidamente. O tipo de radiação</i>	Ao citar o baixo tempo meia-vida como uma propriedade que o radioisótopo deve ter ao ser utilizado para diagnóstico.	Ao se referir aos efeitos da radiação no corpo humano.	Ao trazer a representação dos raios gama.	RS	

	<i>emitida não deve ter alto poder de ionização, sendo preferencialmente o uso de radiação gama (γ), pois uma radiação ionizante poderia prejudicar as células normais.</i>				
3	<i>A utilização de radioisótopos para o diagnóstico deve-se considerar elementos que apresentam um tempo de meia-vida de curto prazo para que não prejudique a saúde do paciente um (uma) vez que a incidência de partículas terá um decaimento rápido facilitando assim uma precisão do diagnóstico. Porém para fins terapicos é imprescindível utilizar radioisótopos com um tempo de meia-vida longo, que consiga danificar a estrutura da célula cancerígena favorecendo o tratamento.</i>	Ao citar que é necessário considerar a propriedade tempo de meia-vida na hora de escolher um radioisótopo.	Ao inferir que o tempo de meia-vida curto de um radioisótopo para diagnóstico não prejudica a saúde do paciente.	-	RPS

4	<p><i>No uso terapêutico a radiação é usada para curar a doença, como tumor, onde as células cancerígenas são destruídas pelos efeitos da radiação. No diagnóstico os radioisótopos fornecem informações sobre o tipo de ou extensão da doença. Neste caso será usado radioisótopo com radiação com poder de penetração elevado, fazendo a identificação de toda a área afetada e também o grau de danos já causado pela doença indicando a melhor forma de tratamento a ser utilizado.</i></p>	<p>Ao citar a propriedade poder de penetração na escolha do radioisótopo para diagnóstico.</p>	<p>Ao alegar que o alto poder de penetração do radioisótopo facilita o diagnóstico da doença.</p>	-	RPS
---	---	--	---	---	-----

Fonte: Produção própria

4.5 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

A avaliação da proposta didática foi feita de forma individual e, conforme explicitado, teve como objetivo analisar as impressões dos alunos quanto aos instrumentos e etapas desenvolvidas nos dias de minicurso. Juntamente com a ferramenta adaptada de Meirieu (1998), os alunos escreveram de forma livre uma espécie de depoimento, o qual será analisado de forma qualitativa utilizando para isso as orientações da análise textual discursiva proposta por Moraes e Galiazzi (2011).

Avaliação da proposta didática utilizando ferramenta

Para esta etapa da avaliação da proposta didática, os dados obtidos foram organizados a partir da quantidade de respostas, indicada em escala *Likert*, encontradas. Os alunos tiveram que atribuir à situação-problema e a cada um dos instrumentos e etapas da proposta um nível de

concordância quanto a sua potencialidade. As figuras⁸ 6 a 10 apresentam os resultados encontrados:

FIGURA 6: Quantitativo de respostas dos alunos em relação à afirmativa “Senti-me sensibilizado e motivado a levantar hipóteses e iniciar o trabalho”.

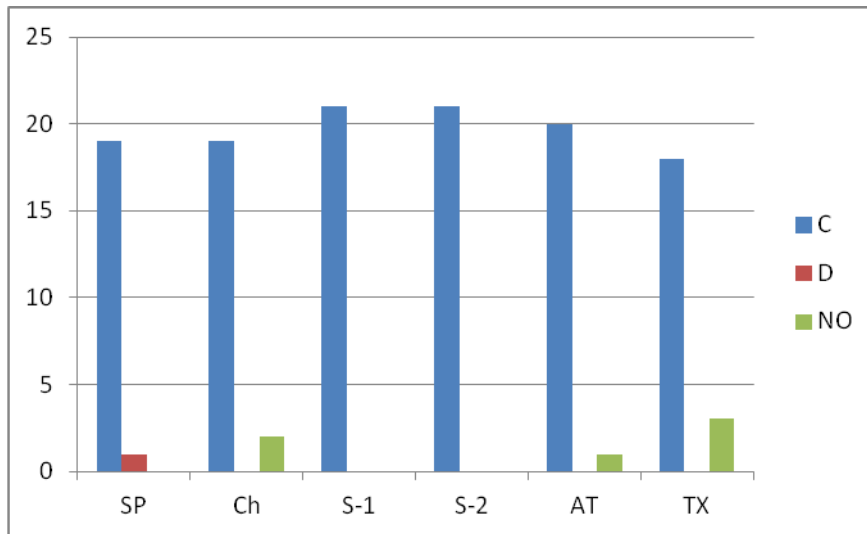
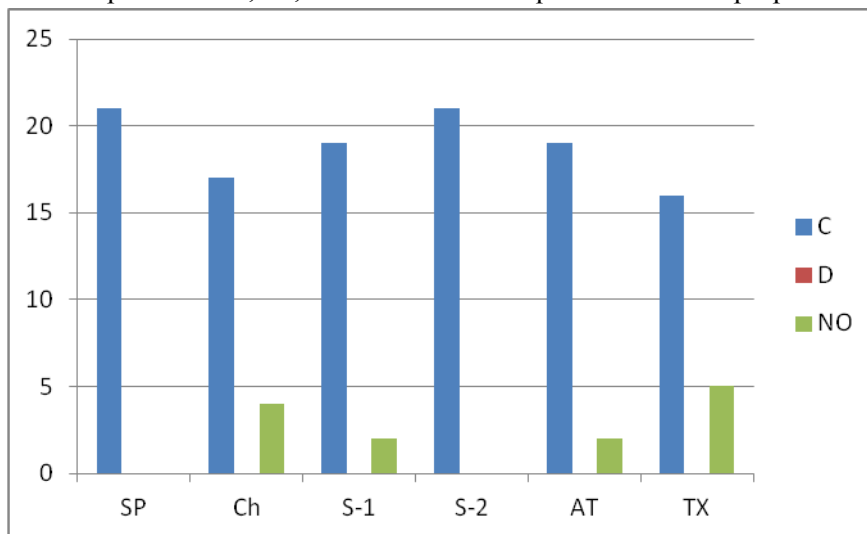


FIGURA 7: Quantitativo de respostas dos alunos em relação à afirmativa “Identifiquei-me e fiquei atento para escutar, ler, ver e/ou discutir o que estava sendo proposto”.



⁸ Legendas: C – Concordo; D – Discordo; NO – Não tenho Opinião; SP – Situação-Problema; Ch – Charge; S-1 – Simulação 1; S-2 – Simulação 2; AT – Aula Teórica; TX - Texto

FIGURA 8: Quantitativo de respostas dos alunos em relação a afirmativa “Facilitou a compreensão e permitiu relacionar o que eu já sabia sobre o assunto ao que aprendi de novo, permitindo construir um sistema de explicação”.

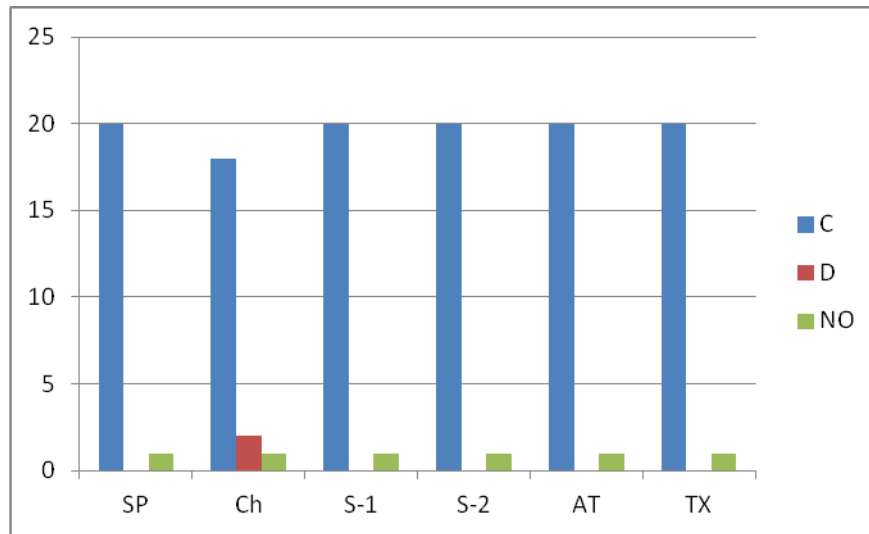


FIGURA 9: Quantitativo de respostas dos alunos em relação a afirmativa “Permitiu a aprendizagem de forma que me sinto capaz de explicar esse assunto à outra pessoa”.

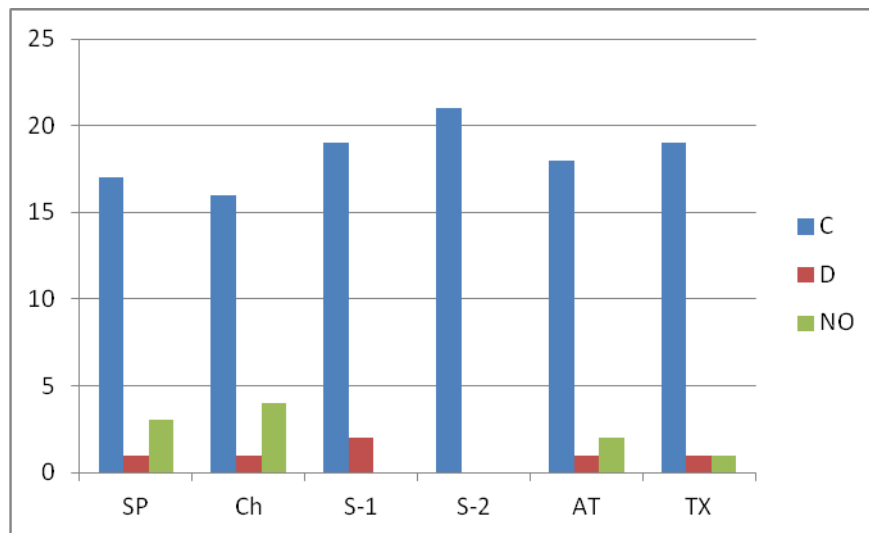
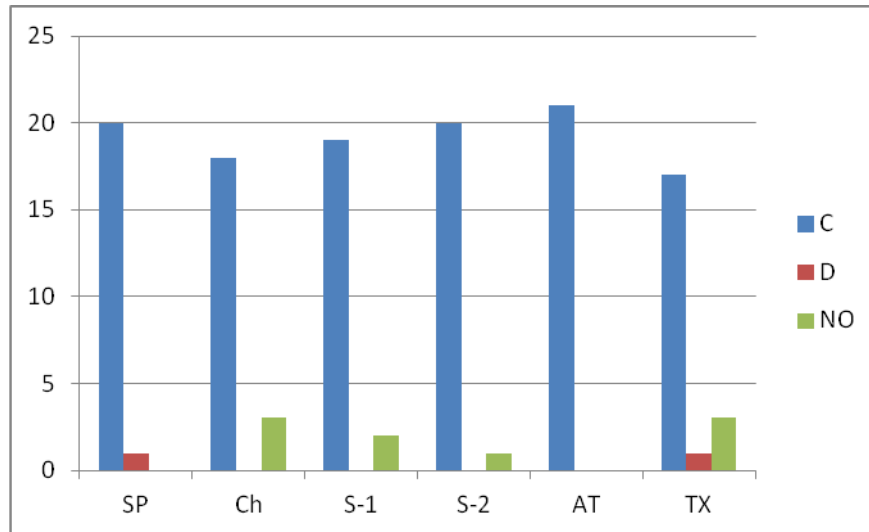


FIGURA 10: Quantitativo de respostas dos alunos em relação a afirmativa “Realizei um bom trabalho e alcancei um bom resultado de acordo com o que estava sendo gerido”



Impressões dos alunos sobre a proposta didática

A pergunta central desta investigação foi “Como uma Situação-Problema, vinculada ao Ensino Por Pesquisa, contribui para a aprendizagem de conceitos relacionados à radioatividade?”. Através dos instrumentos e etapas da proposta didática os alunos construíram suas impressões e, a resposta para a pergunta central, juntamente com os objetivos propostos para esse estudo, foi levantada através das respostas dadas pelos alunos a situação-problema proposta e por meio de depoimentos feitos por eles. Numa primeira leitura dos depoimentos evidenciamos algumas unidades de significado, similares em alguns textos, que permitiu a construção de categorias que, em um momento seguinte, foram agrupadas representando, do ponto de vista dos alunos, os elementos que compõem a resposta para esta pergunta.

Da fragmentação dos textos obtivemos as seguintes unidades de significados:

1. Interação → discussão em grupos → debate → diálogo → participação dos alunos → aprender com o outro;
2. Construção do conhecimento → Facilitador da aprendizagem → Novas ideias → Elaboração de hipóteses → Relacionar conhecimentos prévios e novos → Aprofundamento;
3. Curiosidade → Pesquisa → Motivador;
4. Foi bom → Dinâmico → Inovador → Relevante → Significante → Interessante;
5. Contextualização → Instrumentos diversos.

A partir das unidades de significado, foram estabelecidas cinco categorias *a posteriori* embasadas nas características do trabalho com situação-problema e o ensino por pesquisa, reportadas pela literatura e anteriormente discutidas neste trabalho. Na tabela podemos encontrar as categorias definidas bem como a frequência com que esta aparece nos depoimentos dados pelos alunos.

Categoria	Denominação	Frequência da unidade de significado	Porcentagem* (%)
1	Trabalho Cooperativo	9	16,36
2	Construção do Conhecimento	21	38,18
3	Desejo pela pesquisa	8	14,54
4	Trabalho Interessante	13	23,70
5	Dinâmica Variada	4	7,22
	TOTAL	55	100

*VALOR APROXIMADO

1 – Trabalho Cooperativo: Nesta categoria os alunos destacam o trabalho em grupo, a possibilidade de discutir e aprender com o próximo durante as atividades realizadas. Essa categoria surgiu a partir de depoimentos colocados com as seguintes palavras:

“Foi bem produtivo (...) permitindo-nos construir o conhecimento a partir da discussão entre grupos”.

“Despertou a curiosidade sobre o conteúdo além de motivar ao debate sobre o tema”

“O minicurso proporcionou um ambiente de interação, onde uns podiam aprender com os outros”.

2 – Construção do Conhecimento: Um dos aspectos mais mencionados pelos alunos foi os que deram origem a categoria dois, que diz respeito à construção do conhecimento que a proposta possibilita, pois esta facilita a aprendizagem, permite o levantamento de hipóteses, relacionando os conhecimentos que eles já possuem com as novas informações trazidas ao longo do curso. Como indicam os depoimentos a seguir:

“A situação-problema facilitou o aprendizado”

“Tive a oportunidade de conhecer conteúdos que ainda não sabia”

“O minicurso (...) apresentou também um grande aproveitamento em termos conceituais e de aprendizagem para todos os participantes, pois todos puderam expor suas ideias acerca do tema através dos trabalhos, e mostraram bastante interesse a cada evolução da atividade”.

“O minicurso (...) oferecia muito espaço para participarmos de forma ativa (...) fora que foi muito instigador, pois elaboramos hipóteses e suposições a respeito do assunto, principalmente na situação-problema”.

3 – Desejo pela pesquisa: o desejo pela pesquisa, juntamente a curiosidade por conhecer mais sobre o assunto também foi citado pelos alunos:

“A metodologia (...) me motivou a fazer pesquisas para entender melhor o conteúdo”

“(...) Foi bastante proveitoso pois despertou a curiosidade sobre o conteúdo”

“(...) A situação-problema foi o primeiro ponto de motivação, pois era uma situação desafio”

4 – Trabalho interessante: O segundo ponto mais mencionado pelos alunos foi o fato de que, o trabalho com situação-problema ser interessante, dinâmico e inovador, como indica os comentários a seguir:

“Em se tratando da situação-problema é uma ferramenta muito importante que permite utilizar de aplicações no cotidiano com os assuntos químicos abordados em sala de aula”

“Metodologia boa, participação da turma excelente, proposta dinâmica”

5 – Dinâmica variada: A utilização de instrumentos didáticos, a abordagem contextualizada também foi colocada nos depoimentos dos alunos, enfatizando a importância do uso de dinâmicas variadas neste tipo de abordagem:

“A utilização de dois simuladores contribuiu bastante para o bom decorrer do curso, pois sendo somente encontros com discussão teórica tornaria a atividade cansativa”

“A situação-problema (...) tornou o ensino um pouco menos fragmentado”.

Esses depoimentos refletem, em certa medida, as impressões que os licenciandos tiveram ao entrar em contato com essa proposta. Além disso pode levar a uma reflexão sobre a potencialidade desta proposta com uma forma de melhoria no processo de ensino e aprendizagem e/ou possíveis modificações no papel exercido pelos diferentes atores que fazem parte deste processo. Possibilita, também, o entendimento da dinâmica que se estabelece durante a realização das atividades propostas e de que forma esta pode contribuir para a construção de conceitos químicos.

5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

A presente investigação procurou responder a seguinte questão de pesquisa: Como a resolução de uma Situação-Problema, através de abordagem com elementos do Ensino Por Pesquisa, contribui para a construção de conceitos relacionados à radioatividade? Na busca de uma resposta para esta pergunta, foi percorrido um caminho apoiado em quatro objetivos específicos.

A análise dos resultados em relação ao primeiro objetivo, *“Analisar artigos referentes a ensino e aprendizagem de radioatividade”*, mostra a importância da pesquisa bibliográfica como forma de buscar informações que, dentre outros aspectos, possa contribuir para investigações que se propõe a defender estratégias didáticas inovadoras para construção de conceitos. Nesta etapa foi possível identificar o que as pesquisas mostram sobre o ensino e aprendizagem da radioatividade, principalmente as estratégias utilizadas e concepções dos alunos, além de trazer elementos que pudessem compor as demais etapas da investigação.

Outro aspecto que vale destacar é que poucos foram os trabalhos encontrados nas revistas pesquisadas, que tivessem como proposta a aplicação e análise de uma sequência de atividades no ensino superior. Conforme análise dos artigos, a maioria se dispunha a sugerir abordagens, jogos, modelos e/ou analogias. Por essa razão, nosso estudo oferece um novo caminho para os que desejem trabalhar com radioatividade no Ensino Superior de Química.

Os resultados obtidos em relação ao segundo objetivo específico *“Analisar as concepções prévias dos alunos sobre a temática radioatividade”*, possibilitou que os mesmos tomassem consciência de que as possuía, por levar os estudantes a expor suas ideias iniciais sobre o tema. De modo geral, os alunos compreendem a temática, provavelmente por ser um tema que eventualmente é tratado pelos meios de comunicação e/ou por terem estudado em algum momento de sua vida escolar. As respostas ao questionário mostram que grande parte dos estudantes apresenta uma compreensão sobre radioatividade pouco satisfatória, o que indica que apesar de saberem algo sobre a temática, as informações que eles possuíam não eram suficientes para um melhor entendimento sobre o tema.

Durante as atividades realizadas pelos alunos dois objetivos específicos puderam ser analisados, o primeiro *“Avaliar como os instrumentos didáticos, utilizados na sequência didática com elementos do Ensino por Pesquisa, contribuem para a resolução da situação-problema proposta”* e *“Identificar se a resolução da situação-problema contribuiu para a aprendizagem dos conceitos referentes à radioatividade”*, permitindo a organização de

algumas considerações acerca da potencialidade de sua utilização no Ensino Superior de Química:

- Primeiramente vale destacar que o contexto no qual a pesquisa foi desenvolvida se apresenta como um ambiente facilitador para observação de aspectos positivos que a proposta pode trazer, quando se trata de estratégias inovadoras no ensino de Química, mais especificamente no trabalho com situações-problema e elementos do ensino por pesquisa. Pois, de acordo com os participantes, nenhum curso antes oferecido para eles trouxe uma proposta com esse tipo de abordagem. Logo, a motivação, o interesse e a participação, além do fato de a pesquisa ter sido desenvolvida em um curso, podem ser justificados e, talvez, se realizada em aulas regulares, os resultados poderiam ser um pouco diferentes, devido a, por exemplo, limitação do tempo, o fato de eles irem para a aula depois de assistir outras, a preocupação com outras atividades. Salientamos que outro ponto é que o curso foi oferecido em um período em que eles estavam sem aula.
- Quando se trabalha com elementos do Ensino Por Pesquisa em sala de aula, observa-se que a construção do conhecimento não é etapa bem definida durante o processo. A partir do momento em que o licenciando sempre é levado a externar suas impressões, o novo que se apresenta interage e, muitas vezes, confunde-se com aquilo que ele já traz de informações adquiridas e construídas em outras experiências ao longo de sua formação pessoal e acadêmica. É notável, portanto, que as atividades desenvolvidas nesta perspectiva possibilitam que os alunos expressem suas ideias, explicitem suas hipóteses e seus modelos explicativos, em situações de contraste e conflito de ideias (CAMPOS; NIGRO, 1999), trazidas pela resposta do questionário com as afirmativas sobre radioatividade e a atividade de levantamento de hipóteses. Esses dois momentos iniciais mostram que, apesar da temática não ter feito parte de sua formação acadêmica, os licenciandos possuem um corpo de conhecimento que permite o surgimento de novas perguntas e impede que os alunos evitem a aprendizagem, pois, para eles não é de todo um campo desconhecido.
- A construção da situação-problema a partir de uma situação adaptada de um contexto real é uma boa alternativa para a construção de conceitos de radioatividade, pois, permite o desenvolvimento da temática e a construção do conhecimento sob o ponto de vista de diversos aspectos de conhecimento químico. O que provavelmente, pode facilitar na hora de organizar esse conteúdo enquanto professores do ensino médio em conformidade com as orientações propostas pelo governo.

- A análise das interações entre professor e aluno reforça que esse tipo de proposta faz com que o ambiente seja um ambiente cooperativo, proporcionando discussões ricas, proposições de novas questões e conflitos de ideias.
- As respostas trazidas pelos licenciandos, para a situação-problema proposta, indicam que eles buscaram agregar informações trazidas por todas as atividades desenvolvidas durante o curso. Aspectos do conhecimento químico a nível microscópico, macroscópico e representacional puderam ser identificados nos textos apresentados. Podendo ser perceptível também que, apesar de todos terem acesso aos mesmos instrumentos, cada grupo expõe de forma particular suas conclusões, resultado da colaboração de cada participante do grupo, que, evidentemente, carrega e interpreta as informações de maneira particular.
- Considerando os depoimentos trazidos pelos licenciandos quanto as suas impressões da proposta desenvolvida, é possível afirmar que a resolução de uma situação-problema utilizando elementos do Ensino Por Pesquisa teve uma boa aceitabilidade e se mostrou eficaz na promoção da construção de conceitos referentes a radioatividade, além do desenvolvimento da capacidade de dialogar, discutir, inferir e habilidades como a comunicação oral e escrita, além do trabalho em grupo. Características inerentes a este tipo de trabalho puderam ser observadas, possibilitadas pela dinâmica diferenciada através de um trabalho visto pelos licenciandos como interessante.
- Os resultados encontrados nos trazem novas possibilidades de desdobramentos para a presente investigação. Outros contextos e conteúdos podem ser pesquisados utilizando situações-problemas com elementos do ensino por pesquisa para a construção de conceitos. Além de outras abordagens no que se refere as discussões durante as atividades, como, por exemplo, a questão ética que está presente tanto na situação-problema como na charge utilizada durante a intervenção. As etapas utilizadas para a proposta podem ser revistas e adaptadas, de acordo com o público no qual se deseja trabalhar.

REFERÊNCIAS

- AGROSINO, M. **Etnografia e observação participante**. Porto Alegre. Ed. Artmed, 2009.
- AMARAL, C. L. C.; XAVIER, E. S.; MACIEL, M. D. Abordagem das relações Ciência/Tecnologia/Sociedade nos conteúdos de funções orgânicas em livros didáticos de Química do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.14, n.1, p. 101-114, 2009.
- ANDRÉ, M. E. D. A. **Etnografia da prática escolar**. Campinas: Papirus, 2008.
- ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. mudança conceitual no ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.11, n.2, p.88-99, ago.1994.
- AZEVEDO M. C. P. S Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A.M.P. (org.), **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Thomson, 2004, cap. 2.
- BARREIRO, A. C. M. Modelos de Ensino. **Educação e Filosofia**. Uberlândia. v. 8, n. 15, p. 109-115, 1994.
- BONNEAU, M. Teaching about radioactivity: using low-level radioactive waste issue in Courtland Country. **Journal of Chemical Education**, v. 71 n. 9, p. 109, 1994.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares Nacionais**. Brasília: Ministério da Educação, 2006. v. 2.
- BROWN, T. L.; LEMAY, T. L.; BURSTEN, B. E. **Química, a Ciência Central**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências**. Lisboa: Ministério da Educação, 2002.
- CAMPBELL, M. L. Simple rule for determining nuclear stability and type of radioactive decay. **Journal of Chemical Education**, v. 72, n. 10, p. 892-893, 1995.
- CAMPOS, M. C. da C. NIGRO, R. G. **Didática de ciências: ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.
- CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar Química. **Química Nova**, v. 23, n.3, p. 401-404, 2000.
- CHASSOT, A. I. Raios X e radioatividade. **Química Nova na Escola**, v. 1, n. 2, p. 19-22, 1995.
- COLCLOUGH, N. D.; LOCK, R.; SOARES, A. Pre-service teachers' subject knowledge of and attitudes about radioactivity and ionising radiation. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 3, p. 423-446, 2011.
- COOL, C. **Os conteúdos da reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. As conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: a gênese da radioatividade no ensino. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 27, n. 3: p. 473-514, 2010.

COSTA, S. S. C., MOREIRA, M. A. Resolução de problemas I: diferenças entre novatos e especialistas. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.1, n.2, p. 176-192, 1996.

CRIPPEN, K. J.; CURTRIGHT, R. D. Modeling nuclear decay: a point of integration between chemistry and mathematics. **Journal of Chemical Education**, v. 75, n. 11, p. 1434-1436, 1998.

CYRINO, E. G.; TORALLES-PEREIRA, M. L. Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizado por descoberta na área da saúde: a problematização e a aprendizagem baseada em problemas. **Caderno de Saúde Pública [Online]**. v. 20, n.3, p. 780-788, 2004.

EICHLER, M. L.; JUNGES, F; DEL PINO; J. C. Cidade do Átomo, um software para o debate escolar sobre energia nuclear. **Física na Escola**, v. 7, n. 1, p. 17-21, 2006.

FORTMAN, J. J. Na Overhead projector demonstration of nuclear beta emission. **Journal of Chemical Education**, v. 69, n. 2, p. 162-163, 1992.

FRANCISCO Jr, W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em sala de aula de ciências. **Química Nova na Escola**, v. 30, n. 4, p. 34-41, 2008.

GALIAZZI, M. C. ; MORAES, R. Educação pela pesquisa como modo, tempo e espaço de qualificação da formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v.8. n.2. p. 237-252, 2002.

GARCIA, I. T. S e KRUGER, V. Implantação das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores em uma Instituição Federal de Ensino Superior: Desafios e Perspectivas. **Química Nova**. v. 32, n 8, 2009.

GARCÍA-CARMONA, A.; CRIADO, A. M. Enfoque cts en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de física y Química de la eso. **Enseñanza de las ciencias**, v. 26, n.1, p. 107-124, 2008.

GIL-PÉREZ, D. Orientações didáticas a formação continuada de professores de Ciências. In: Menezes, L.C. (org.). **Formação continuada de professores de Ciências – no âmbito iberoamericano**. Campinas: Ed. Associados, 1996, p. 71-82.

GUTIÉRREZ, E. E. *et al.* ¿Qué piensan los jóvenes sobre radiactividad, estructura atómica y energía nuclear? **Enseñanza de las ciencias**, v. 18, n. 2, 247-254, 2000.

HADJI, C. **A avaliação desmistificada**. Porto Alegre: ArtMed, 2001.

HUGHES, E. A.; ZALTS, A. Radioactivity in the classroom. **Journal of Chemical Education**, v. 77, n. 5 p. 613-615, 2000.

KRAPAS, S.; BORGES, A. M. Decaimento radioativo: uma analogia para o circuito RC. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**., v. 15, n. 1: p. 47-58, abr. 1998.

KROW, G. R.; KROW, J. B. Low-level radioactive waste disposal: an exercise in dealing with pollution. **Journal of Chemical Education**, v. 75, n. 12 p. 1583-1584, 1998.

LANDMAN, M. A charge em sala de aula: leitura em novas perspectivas para o ensino. **Revista Eventos Pedagógicos**, v.3, n.1, Número Especial, p. 518 – 527, 2012.

LEITE, L; ESTEVES, E. Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas na licenciatura em ensino de física e Química. In Silva, Bento D. ; Almeida, Leandro S., Coord. – “**Actas do congresso galaico-português de psicopedagogia, 8, Braga, Portugal, 2005**” [Cd-Rom]. Braga : centro de investigação em educação do instituto de educação e psicologia da Universidade do Minho, 2005.

LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR Jr, O. G.; BRAGA, S. A. M. Ensinar ciências. **Presença Pedagógica**. v. 6, n. 33. 2000.

LIMA, R. S., PIMENTEL, L. C. F.; AFONSO, J. C. O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX. **Química Nova na Escola**, v. 33 n. 2, p. 93-99, 2011.

LUCAS, S.; VASCONCELOS, C. Perspectivas de ensino no âmbito das práticas lectivas: Um estudo com professores do 7º ano de escolaridade. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4 n. 3, art.4, 2005.

MACEDO, L. Situação-Problema: Forma e Recurso de Avaliação, Desenvolvimento de Competências e Aprendizagem Escolar. In: PERRENOUD, Philippe. **As competências para ensinar no século xxi: a formação dos professores e o desafio da avaliação**. Porto Alegre: Artmed, p. 113-136, 2002.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de Química**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2000.

MALDANER, O. A. A pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de Química. **Química Nova**, v. 22, n. 2, p. 289-292, 1999.

MARTINS, I. P. Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, n. 1, art. 2, 2002.

MEDEIROS, M. A.; LOBATO, A. C. Contextualizando a abordagem de radiações no ensino de Química. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.12, n.3, p.65-84, 2010.

MEIRIEU, P. **Aprender...sim, mas como?** Trad: Vanise Pereira Dresch. 7ª ed. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. 2º ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.

MORTIMER, E. F. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de Química: mudança conceitual e perfil epistemológico. **Química Nova**, v. 15, n. 3, p. 242-249, 1992.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. e ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de Química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-281, 2000

MURRAY-HARVEY, R.; SLEE, P. Problem Based Learning in teacher education: Just the beginning! **Paper presented at Australian Association for Research in Education**. Sydney, 2000.

NAKIBOGLU, C.; TEKIN, B. B. Identifying student's misconceptions about nuclear chemistry. A study of Turkish high school students. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 11, p. 1712-1718, 2006.

NUÑES, I. B. et al. O uso de situações-problema no ensino de ciências. In: Nuñez, I. B.; Ramalho, B. L. (orgs.). **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004, p. 145-171.

OLBRIS, D. J.; HEZFELD, J. Nucleogenesis! A game with natural rules for teaching nuclear synthesis and decay. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 3 p. 349-352, 1999.

PASSOS, M. H. S.; SOUZA, A. A. **Química Nuclear e Radioatividade**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a resolução de problemas no ensino da física. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis: UFSC, v.14, n.3, p.229-253, 1997

PLIEGO, O. *et al.* Las actitudes de los estudiantes universitarios hacia el fenómeno radiactivo, la energía nuclear y sus aplicaciones. **Educación Química**, v.15, n. 2, p. 142-148, 2003.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RAMOS, M. G.; GALIAZZI, M. C.; MORAES, R. A formação de professores de Química na puer e na furg: reconstrução do conhecimento e linguagem na sala de aula. In: Echeverría, Augustina Rosa; Zanon, Lenir Basso. **Formação superior em Química no Brasil: práticas e fundamentos curriculares**. Ijuí: Unijuí, 2010, p. 47-66.

RIBEIRO, A. A. e GRECA, I. M. Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação Química: uma revisão de literatura publicada. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 542-549, 2003.

ROSA, M. I. F. P., SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito de transformação Química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, v. 4, n. 8, p. 31-35 1998.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de casos no ensino de Química**. Editora Átomo: São Paulo, 2010.

SAMAGAIA, R.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma experiência com o Projeto Manhattan no Ensino Fundamental. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 259-276, 2004.

SANTOS, F. M. T e GRECA, I. M. Promovendo a aprendizagem de conceitos científicos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n.1, art. 7 2005.

SANTOS, R. V. Abordagem do processo de ensino e aprendizagem. **Integração**, v. 11, n. 40, p. 19-21, 2005.

SANTOS, V. T.; ALMEIDA, M. A. V.; CAMPOS, A. F. Concepções de professores de Química do ensino médio sobre a resolução de situações-problema. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 3, p. 25-37, 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Aspectos Sociocientíficos em aulas de ciências: Possibilidades E Limitações. **Investigações em ensino De Ciências**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009.

SCHAPPO, M. G. Um modelo concreto para o estudo da estabilidade nuclear no Ensino Médio. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, p. 22-26, 2010.

SCHNETZLER, R. P. Construção do conhecimento e ensino de ciências. **Em Aberto**, Brasília, v. 11, n. 55, p. 17-22, 1992.

SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de Química. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 27-31, 1995.

SCHULTZ, E. Dice-shaking as an analogy for radioactive decay and first-order kinetics. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 5 p. 505-507, 1997.

SHON, C. K.; LEDESMA, M. R. K. **Avaliação da aprendizagem**. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2516-8.pdf>, acesso: 26 de janeiro de 2012.

SILVA, L. H. A.; SCHNETZLER, R. P. A mediação pedagógica em uma disciplina científica como referência formativa para a docência de futuros professores de Biologia. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 1, p. 57-72, 2006.

SILVA, S. F.; NÚÑEZ, I. B. O ensino por problemas e o trabalho experimental dos estudantes - Reflexões Teórico-metodológicas. **Química. Nova**, v. 25, n. 6B, p. 1197-1203, 2004.

SORPRESO, T. P.; ALMEIDA, M. J. P. M. Aspectos do imaginário de licenciandos em Física numa situação envolvendo a resolução de problemas e a questão nuclear. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 25, n. 1: p. 77-98, abr. 2008.

SORPRESO, T. P.; ALMEIDA, M. J. P. M. Discursos de licenciandos em física sobre a questão nuclear no ensino médio: foco na abordagem histórica. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 37-60, 2010.

SOUZA, M. A. M; DANTAS, J. D. Fenomenologia nuclear: uma proposta conceitual para o ensino médio. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 27, n. 1, p. 136-158, 2010.

TREVISAN, T. S., MARTINS, P. L. O. A prática pedagógica do professor de Química: possibilidades e limites. **UNI revista**. v. 1, n. 2, p. 1-12 2006.

VASCONCELOS, C.; PRAIA, J. F.; ALMEIDA, L. S. Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 7, n. 1, p. 11-19, 2003.

VASCONCELOS, F. C. G. C.; LEÃO, M. B. C. Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia *flexquest* sobre radioatividade. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 37-58, 2012.

WILLIAMS, D. H. Success and techniques associated with teaching the chemistry of radioactive wastes. **Journal of Chemical Education**, v. 72, n.11, p. 971, 1995.

WU, Y.; TSAI, C. High School Students' Informal Reasoning on a Socio-scientific Issue: qualitative and quantitative analyses. **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 9, p. 1163–1187, 2007.

XAVIER, A.M. et al. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 83-91, 2007.

YANG, F.; ANDERSON, O. R. Senior high school students' preference and reasoning modes about nuclear energy use. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 2, p. 221–244, 2003.

ZANON, L.B.; PALHARINI, E.M. “A Química no Ensino Fundamental de Ciências”. **Química Nova na Escola**, n.2, p.15-18, 1995.

APÊNDICE A – AFIRMATIVAS PARA LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS SOBRE RADIOATIVIDADE

A seguir você encontrará 14 afirmativas sobre radioatividade. Para cada uma delas marque **C** caso concorde, **D** caso discorde e **I** caso acredite que seus conhecimentos sobre o assunto são insuficientes para julgá-la. Para as afirmativas em que discordar **proponha uma correção**.

1. _____ Os materiais radioativos e a radiação não ocorrem naturalmente, eles foram criados pelos cientistas.
2. _____ O uso da radiação ionizante não é recomendável em métodos de conservação de alimentos.
3. _____ O corpo humano é capaz de detectar a radioatividade.
4. _____ Os elementos radioativos se transformam em outros elementos químicos ao emitirem radiações.
5. _____ O número de elétrons na camada de valência é o único fator que afeta a estabilidade do núcleo atômico.
6. _____ Após um ano do acidente de Chernobyl (Ucrânia), que ocorreu em 1986, já foi possível verificar que nas regiões ao redor da usina os níveis de radiação eram mínimos.
7. _____ O tempo de meia vida de um radioisótopo está relacionado com sua estabilidade, neste caso, quanto maior a estabilidade menor o tempo de meia vida.
8. _____ A partícula alfa possui maior poder de penetração que a radiação gama devido a ser mais energética.
9. _____ A partícula beta é mais nociva que a alfa, pois tem maior poder de penetração.
10. _____ Quando atingido por radiação é impossível perceber imediatamente, já que a radiação não provoca dor ou lesão visível.

11. _____ Para proteção de exposição a radiação considera-se apenas o fator distancia, ou seja, quanto mais longe da fonte melhor.

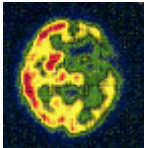
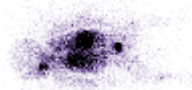
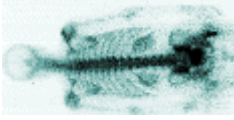
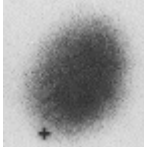
12. _____ O mecanismo que descreve uma reação nuclear é semelhante ao de uma reação Química.

13. _____ Ao entrar em contato com uma fonte radioativa não selada o individuo pode se contaminar, mas em acidentes como o de Goiânia em 1987 (Cs- 137) há apenas o risco de irradiação.

14. _____ A utilização de radioisótopos na cura do câncer é eficiente se este tiver um tempo de meia vida curto.

APÊNDICE B – TEXTO - RADIOISÓTOPOS: DIAGNÓSTICO E TERAPÊUTICO

O uso dos radioisótopos na medicina foi um dos primeiros. Basicamente a medicina se utiliza da radioatividade para dois fins: Diagnosticar doenças como o câncer, e no tratamento de tumores. No tratamento de pacientes com câncer utiliza-se, por exemplo, um equipamento chamado bomba de cobalto. Neste equipamento um feixe de radiação é usado proveniente de uma pastilha de cobalto que, com o tempo, tem sua atividade diminuída e precisa ser trocada. Neste caso, aconselha-se que a cada cinco ou sete anos esta pastilha seja substituída. As células do tumor cancerígeno são destruídas pelos efeitos da radiação. Além do uso terapêutico os radioisótopos são empregados com o propósito de diagnóstico. Para este fim é ideal que eles possuam algumas características como: Emitir radiação gama, o tempo de meia vida deve ser ideal, não emitir preferencialmente partículas alfa e beta. Ao contrario do uso diagnóstico, no terapêutico o poder de ionização é preferível. Neste caso, radioisótopos que emitam partículas alfa e beta são mais adequados.

Isótopo/ Meia-Vida		Principais usos
^3H	Trítio 12,3 anos	Determinação do conteúdo de água no corpo
^{11}C	Carbono-11 20,38 minutos	 Varredura do cérebro com tomografia de emissão positrônica transversa (PET) para traçar o caminho da glucose.
^{14}C	Carbono-14 5 730 anos	Ensaio de radioimunidade.
^{32}P	Fósforo-32 14,3 dias	Detecção de tumores oculares, câncer de pele, ou tumores pós-cirúrgicos.
^{51}Cr	Cromo-51 27 dias	Diagnóstico de albumina, tamanho e forma da baço, desordem gastrointestinais.
^{60}Co	Cobalto-60 5 anos	Tratamento do câncer.
^{67}Ga	Gálio-67 13 horas	 Varredura do corpo inteiro para tumores.
^{75}Se	Selênio-75 125 dias	Varredura do pâncreas
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Tecnécio-99m 6,01 horas	 Um dos mais utilizados: diagnóstico do cérebro, ossos, fígado, rins, músculos e varredura de todo o corpo.
^{131}I	Iodo-131 8 dias	 Diagnóstico de mal funcionamento da glândula tireoide, tratamento do hipertireoidismo e câncer tireoidal.

Adaptado de: <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/nuclear/medicina.html>

APÊNDICE C – AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

Com respeito à proposta didática, indique nas afirmativas abaixo seu nível de concordância em relação a cada um dos itens dispostos, assinalando **C** (concordo), **NO** (não tenho opinião), **D** (discordo).

Para cada uma das afirmativas abaixo indique sua opinião em relação aos itens ao lado.	Situação- Problema	Charge	Simulação - Meia-Vida	Simulação- Poder de penetração – α, β, γ	Aula Teórica	Texto
Senti-me sensibilizado e motivado a levantar hipóteses e iniciar o trabalho.						
Identifiquei-me e fiquei atento para escutar, ler, ver e/ou discutir o que estava sendo proposto.						
Facilitou a compreensão e permitiu relacionar o que eu já sabia sobre o assunto ao que aprendi de novo, permitindo construir um sistema de explicação.						
Permitiu a aprendizagem de forma que me sinto capaz de explicar esse assunto à outra pessoa.						
Realizei um bom trabalho e alcancei um bom resultado de acordo com o que estava sendo sugerido.						

Adaptado de: MEIRIEU, P. Aprender...sim, mas como? Trad: Vanise Pereira Dresch. 7ª ed. Porto Alegre: ArtMed, 1998.