

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
CURSO DE MESTRADO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS**

ROBERTA MARIA DA SILVA

**A RADIOATIVIDADE AMBIENTAL NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES
DE QUÍMICA NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Recife

2017

ROBERTA MARIA DA SILVA

**A RADIOATIVIDADE AMBIENTAL NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES
DE QUÍMICA NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Trabalho de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para à obtenção do título de Mestra em Ensino das Ciências.

Linha de pesquisa: Formação de professores e construção de práticas docentes no Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Suely Alves da Silva.

Coorientadora: Profa. Dra. Kátia Aparecida da Silva Aquino.

Recife

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586r Silva, Roberta Maria da.
A radioatividade ambiental na formação inicial de professores de química
na perspectiva da aprendizagem significativa / Roberta Maria da Silva. – 2017.
140 f. : il.

Orientadora: Suely Alves da Silva.
Coorientadora: Kátia Aparecida da Silva Aquino.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa
de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Química 2. Mapas conceituais 3. Teoria da aprendizagem significativa
I. Silva, Suely Alves da, orient. II. Aquino, Kátia Aparecida da Silva, coorient.
III. Título

CDD 372.3

ROBERTA MARIA DA SILVA

**A RADIOATIVIDADE AMBIENTAL NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES
DE QUÍMICA NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Trabalho de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para à obtenção do título de Mestra em Ensino das Ciências com ênfase para o Ensino de Química.

Data de aprovação: 28 de agosto de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Suely Alves da Silva (Orientadora)

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Profa. Dra. Kátia Aparecida da Silva Aquino (Coorientadora)

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Profa. Dra. Angela Fernandes Campos (Membro Interno)

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório (Membro Interno)

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Profa. Dra. Sandra Rodrigues de Souza (Membro Externo)

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

DEDICATÓRIA

À minha mãe, **Sônia Maria**, guerreira e vitoriosa, por nos ensinar, incentivar e torcer por mim e minhas irmãs. Tendo a rica oportunidade de nos vê crescendo pessoalmente e profissionalmente através dos estudos, que sem ele não progredimos na vida; por compreender muitas vezes a minha ausência ao seu lado por motivo de estudo.

Ao meu eterno padrasto, **Fernando Antônio** (*in memoriam*), pelo carinho, respeito, companheirismo, muito humor, amor e por acreditar em meu potencial de saber que não foi fácil chegar até aqui.

Às minhas irmãs, **Roseane Silva, Rogéria Oliveira e Rafaela Oliveira** e aos cunhados **José Ferraz e Ronald Lopes** e ao papai da Melissa, **Daniel Leitão**, pelas palavras de apoio, conselhos e compreensão durante a minha ausência familiar.

Às minhas sobrinhas chiquititas **Melissa Leitão e Larissa Ferraz**, que trouxeram um mol de alegria, esperança e um brilho muito especial a nossa família.

Ao meu namorado, **Carlos Vela**, pela força, atenção, confiança, amor, respeito, companheirismo, por despertar-me sempre quando não há mais forças para continuar, contudo acreditando no meu potencial de atravessar fronteiras.

AGRADECIMENTOS

A minha pesquisa foi traçada por uma força divina acompanhada por diversas pessoas que contribuíram de forma singular para que eu chegasse ao término da mesma.

A **Deus** pela força para continuar enfrentando e superando com garra diversos obstáculos do início ao término do curso de mestrado na Universidade Federal Rural de Pernambuco (**UFRPE**), lugar este que amo demais.

A todos os meus familiares pelo carinho, força, compreensão e paciência por minhas ausências de estarem com eles.

Ao povo brasileiro que, por meio do governo federal, permitiu-me participar deste programa de pós-graduação. Por isso, esforçar-me-ei em trabalhar contribuindo para o avanço da Educação do nosso Brasil.

À Profa. Dra. **Suely Alves da Silva** e a Profa. Dra. **Kátia Aparecida da Silva Aquino** pela orientação, compreensão, paciência, atenção e por estar mais uma vez comigo desde a graduação. Por fazer parte da minha história desde a monografia, e agora no Mestrado e deixando um gostinho para o doutorado. Sou grata pela compreensão, paciência, atenção e sabias exigências quando necessárias com sua orientanda diante das minhas limitações. De forma calorosa a participação das professoras nesta pesquisa, pela dedicação do seu tempo e respeito pelo trabalho. Sem elas, esse momento jamais seria possível.

Aos **professores do Programa do mestrado de Ensino das Ciências da UFRPE** pelo mol de contribuição das disciplinas cursadas.

À **magnífica Reitora**, professora **Maria José**, por ter acreditado em meu potencial e depositado a sua confiança na minha carreira acadêmica para o progresso da Ciência.

Ao **professor** da disciplina de **Prática Pedagógica no Ensino de Química I**, por incluir a minha formação sobre Radioatividade Ambiental no seu plano de ensino, bem como permitir a sua sala de aula para a construção das minhas atividades formativas e as observações das suas aulas que eram riquíssimas para o meu crescimento profissional; e aos **licenciandos do curso de Química da UFRPE** que aceitaram embarcar junto comigo na minha pesquisa sobre Radioatividade Ambiental.

Aos **professores** da banca examinadora, **Alexandro Cardoso Tenório**, **Sandra Rodrigues de Souza** e **Angela Fernandes Campos** que compuseram honradas críticas para a composição da escrita final.

Às professoras suplentes **Edenia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE)** e **Sylvia Regina De Chiaro Ribeiro Rodrigues (UFPE)** pela enorme contribuição para melhoria do meu trabalho e por acreditarem no meu potencial.

À **Girselha Queiroz** (Coordenadora), **Mary Santos** e **Severina Lima** (Assistentes Administrativo), e aos professores **Felipe Santos**, **Fernanda Meira**, **Geimson Santos**, **Gabriela Monteiro**, **Jakeline Carneiro**, **Phillipe Joanou**, **Miriam Mendoza**, **Thiago Lira** e **Thainã Leite** do Pré-Vestibular da Universidade de Pernambuco (**PREVUPE**) pelo enorme apoio, respeito e compreensão para que eu pudesse concluir o meu trabalho com sucesso.

À Escola de Referência em Ensino Médio Conde Corrêa de Araújo **Jael Jordão Pessoa** (Gestora), **Angelina Cicalese** (Diretora), **Ivan Santos** (vice-diretor), **Andreia Corrêa** (apoio pedagógico) e a todos os professores, em especial, aos Professores **Edvaldo Braz Junior** (Física), **Nelso Galvão Macêdo** (Química) e **Shirlane Alves** (Química) pelo enorme apoio de contribuírem com materiais voltados para a minha pesquisa sobre Radioatividade e por acreditarem na minha conquista.

À todos os meus amigos do mestrado do **Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências**, em especial a **Cesar Henrique**, **Gilson Rocha**, **Wanieverlyn Lima** e **Erica Bezerra** por frequentes trocas de ideias, construção e crescimento através de nossos encontros dentro e fora da universidade. Isso, porque acreditamos no progresso da Educação.

À minha amiga, **Ângela Silva**, da Pró-reitora de Atividade e Extensão/UFRPE, pela enorme dar força no momento em que mais precisei através das suas orações.

Aos amigos **Jarbas Baltar**, **Mário Antônio** e **Ana Cristina** do Departamento de Registro e Controle Acadêmico (DRCA/UFRPE) pela amizade, apoio e companheirismo a minha pesquisa cedendo o espaço muitas vezes para realizar algumas buscas na internet para o enriquecimento da minha pesquisa.

Aos grupos **PET/Conexões de Saberes** e a Pró-reitora de Atividade e Extensão (PRAE/UFRPE) por muitas vezes cederem o seu local de reunião para o avanço da minha pesquisa em prol da melhoria do Ensino de Química na Educação Básica.

À cada pessoa maravilhosa que conheci e me acolheram desde a minha graduação na UFRPE, sejam elas técnicos administrativos, terceirizados, docentes e colegas universitários que contribuíram de forma direta e indireta na minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

Segundo a literatura o Ensino de Radioatividade retrata que futuros professores precisam vivenciar propostas alternativas ao modelo tradicional tem como fator limitante sua restrição a atividades de cálculos e discussões sobre as atividades nucleares, sem envolver práticas experimentais em razão do grau de periculosidade do material. Assim sendo, apresentamos nesta dissertação um plano de formação a ser inserida nos cursos de formação de professores de Química, extensiva para as Ciências Naturais, e, futuramente, no âmbito da educação básica denominada de Radioatividade Ambiental. Trata-se de uma perspectiva que valoriza à constante interação do homem com os radionuclídeos naturais e artificialmente sintetizados presentes no meio ambiente (ar, água, solo, alimentos e organismo) como um caminho que redimensiona o Ensino de Radioatividade, na tentativa de desmistificar o medo e as constantes imagens negativas produzidas sobre a Radioatividade, sem deixar de contemplar as problemáticas socioambientais. Com isto o objetivo deste trabalho foi de avaliar a influência da introdução do conteúdo de Radioatividade Ambiental na formação inicial dos licenciandos em Química nas suas concepções sobre Radioatividade, e possíveis desdobramentos na prática pedagógica dos envolvidos na formação. O presente trabalho é fruto de uma intervenção sobre Radioatividade Ambiental realizado com um grupo de licenciandos em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) durante a disciplina de Prática Pedagógica no Ensino de Química I. Os sujeitos participantes foram agrupados de acordo com a sua frequência nos dias da formação, e analisamos a produção de três sujeitos que participaram de todo o processo formativo e realizaram todas as atividades. Deles obtivemos como material de análise mapas conceituais pré e pós-formação e tempo de obliteração (tempo de esquecimento), além de planos de aula sobre Radioatividade. Dos resultados, observamos que a proposta formativa foi bem aceita pelos licenciandos, no entanto, ao analisarmos todos os mapas conceituais detectamos que as informações sobre os radionuclídeos naturais pouco interagiram com suas concepções pré-existentes que conservava certa estrutura básica acerca da Radioatividade. Notamos que a formação possibilitou aos sujeitos ampliarem suas concepções sobre Radioatividade ao levá-los a superarem alguns equívocos encontrados, e reconhecerem a presença dos radionuclídeos naturais. Dos planos de aulas analisados, observamos que eles mantêm certo diálogo com a proposta da Radioatividade Ambiental, apesar de dois deles enfatizarem os aspectos voltados à sua aplicação. Apesar dos fatores limitantes impostas sobre a formação como o tempo, os resultados dessa experiência formativa sinaliza que a proposta aqui defendida tem potencial para melhor conceituar e redimensionar os conceitos e a manifestação da Radioatividade enquanto conteúdo escolar, e que valem ser discutidas teórica e pedagogicamente no âmbito da formação inicial de professores das Ciências Naturais.

Palavras-chave: Química; Mapas Conceituais; Teoria da Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

According to the literature Radioactivity Teaching shows that future teachers need to experience alternative proposals to the traditional model has as limiting factor their restriction to the activities of calculations and discussions about nuclear activities, without involving experimental practices due to the degree of dangerousness of the material. Thus, we present in this dissertation a training plan to be inserted in the training courses for Chemistry teachers, extensive to the Natural Sciences, and, in the future, in the scope of basic education called Environmental Radioactivity. It is a perspective that values the constant interaction of man with the natural and artificially synthesized radionuclides present in the environment (air, water, soil, food and organism) as a way that re-measures the Teaching of Radioactivity, in an attempt to demystify the fear and the constant negative images produced on Radioactivity, while also contemplating the socio-environmental problems. The objective of this work was to evaluate the influence of the introduction of the Environmental Radioactivity content in the initial training of Chemistry graduates in their conceptions about Radioactivity and possible developments in the pedagogical practice of those involved in the training. The present work is the result of an intervention on Environmental Radioactivity carried out with a group of graduates in Chemistry of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) during the discipline of Pedagogical Practice in the Teaching of Chemistry I. Participants were grouped according to their frequency on training days, and we analyzed the production of three subjects who participated in the entire training process and performed all the activities. From them we obtained as conceptual material pre and post-training conceptual maps and obliteration time (time of forgetting), as well as lesson plans on Radioactivity. From the results, we observed that the training proposal was well accepted by the licenciandos, however, when analyzing all the conceptual maps we detected that the information about the natural radionuclides did little interact with their preexisting conceptions that retained some basic structure about Radioactivity. We note that the training enabled the subjects to broaden their conceptions about Radioactivity by leading them to overcome some misunderstandings and to recognize the presence of the natural radionuclides. From the analyzed class plans, we observe that they maintain a certain dialogue with the proposal of the Environmental Radioactivity, although two of them emphasize the aspects directed to its application. In spite of the limiting factors imposed on training as time, the results of this formative experience indicate that the proposal presented here has the potential to better conceptualize and re-dimension the concepts and manifestation of Radioactivity as a school content, and that are worth discussing theoretically and pedagogically in initial training of teachers of the Natural Sciences.

Keywords: Chemistry; Conceptual Maps; Theory of Significant Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa das principais ideias sobre aprendizagem significativa.....	28
Figura 2 - Mapa conceitual sobre a Matéria.....	34
Figura 3 - Mapa conceitual sobre Radioatividade.....	42
Figura 4 - Processo de formação do Carbono-14.....	53
Figura 5 - Trajetória dos radionuclídeos primordiais nos vários compartimentos do ecossistema.....	54
Figura 6 - Fases da pesquisa e os instrumentos utilizados.....	59
Figura 7 - Constituintes da análise dos mapas conceituais reconstituídos.....	74
Figura 8 - Imagem do quadro após a dinâmica da tempestade de ideias.....	79
Figura 9 - Mapas conceituais pré (A) e pós-formação (B) de L13.....	85
Figura 10 - Mapas conceituais pré (A) e pós-formação (B) de L16.....	88
Figura 11 - Mapas conceituais pré (A) e pós-formação (B) de L17.....	90
Figura 12 - Mapas conceituais pós-formação (B) e de obliteração (C) de L13.....	100
Figura 13 - Mapas conceituais pós-formação (B) e de obliteração (C) de L16.....	102
Figura 14 - Mapas conceituais pós-formação (B) e de obliteração (C) de L17.....	104
Gráfico 1 - Perfil dos licenciandos quanto ao sexo (A), faixa etária (B) e experiência docente (C).....	64
Gráfico 2 - Frequência relativa das categorias identificadas nos mapas pré e pós-formação do Grupo V.....	82
Gráfico 3 - Frequência relativa das categorias identificadas nos mapas pré e pós-formação, e de obliteração do Grupo V.....	98
Quadro 1 - Marcos histórico da Radioatividade.....	38
Quadro 2 - Descrições de alguns radioisótopos encontrados na natureza.....	56
Quadro 3 - Distribuição das disciplinas para formação em Radioatividade de algumas IES/PE.....	62
Quadro 4 - Caracterização dos grupos de sujeitos formados.....	66
Quadro 5 - Plano de Ensino de PPEQ I efetivamente realizado para o semestre de 2016.1.....	76
Quadro 6 - Informações dos planos de aulas de L13, L16 e L17 sobre Radioatividade.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Frequência dos licenciandos ao longo das etapas da pesquisa em 2016 e seus respectivos grupos.....	65
Tabela 2 -	Distribuição dos licenciandos nas produções de mapas conceituais coletivos.....	70
Tabela 3 -	Distribuição da quantidade dos conceitos em diferentes categorias presentes nos mapas pré (A) e pós-formação (B) em Radioatividade Ambiental.....	83
Tabela 4 -	Distribuição da quantidade dos conceitos em diferentes categorias em todos os mapas: pré (A) e pós-formação (B) e de obliteração (C).....	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLQ	Cursos de Licenciatura em Química
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PPC	Projeto Pedagógico do Curso
PPEQ I	Prática Pedagógica no Ensino de Química I
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	13
INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
1.1. Formação inicial de professores.....	18
<i>1.1.1. Formação inicial de professores de Química.....</i>	<i>20</i>
1.2. Teoria da Aprendizagem Significativa segundo David Paul Ausubel.....	24
<i>1.2.1. Mapas conceituais como instrumento de verificação da aprendizagem significativa.....</i>	<i>32</i>
1.3. Radioatividade.....	36
<i>1.3.1. História da Radioatividade.....</i>	<i>37</i>
<i>1.3.2. Entendendo a Radioatividade.....</i>	<i>41</i>
<i>1.3.3. O Ensino de Radioatividade numa nova perspectiva.....</i>	<i>46</i>
CAPÍTULO 2 - PERCURSO METODOLÓGICO	58
2.1. Abordagem, tipo e fases da pesquisa	58
2.2. Escolha e caracterização do local da pesquisa.....	61
<i>2.2.1. A disciplina de Prática Pedagógica no Ensino de Química I (PPEQ I).....</i>	<i>62</i>
2.3. Perfil dos licenciandos de PPEQ I e seleção da amostra de pesquisa.....	64
2.4. Instrumentos de pesquisa dos dados	67
<i>2.4.1. Análise documental.....</i>	<i>71</i>
<i>2.4.2. Observação de aula</i>	<i>71</i>
<i>2.4.3. Mapas conceituais</i>	<i>72</i>
2.5. Análise dos dados	73
<i>2.5.1. Análise dos mapas conceituais</i>	<i>73</i>
<i>2.5.2. Análise dos planos de aulas.....</i>	<i>75</i>
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	76
3.1. O conteúdo dos mapas conceituais pré e pós-formação	81
3.2. Os planos de aula sobre Radioatividade	93
3.3. Os mapas conceituais do tempo de obliteração	97
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
REFERÊNCIAS	107
APÊNDICE A - Conteúdos programáticos relacionados à Radioatividade das IES/PE.....	114
APÊNDICE B – Plano da formação sobre Radioatividade Ambiental	115
APÊNDICE C – Ficha de observação de aula.....	118
APÊNDICE D – Questionário do perfil dos licenciandos.....	119

APÊNDICE E – TCLE para o docente.....	120
APÊNDICE F – TCLE coletivo para os licenciandos	121
APÊNDICE G – <i>Kit</i> conceitual utilizado para produzir os mapas conceituais coletivos durante a formação em Radioatividade Ambiental	122
ANEXO A – Plano de ensino com ementa da disciplina PPEQ I constando a formação em Radioatividade Ambiental.....	122
ANEXO B – Mapas conceituais pré, pós e de obliteração dos licenciandos	129
ANEXO C – Planos de aula dos licenciandos	138

APRESENTAÇÃO

Durante o período da minha formação na Educação Básica na Rede Pública do Estado de Pernambuco, hoje entendo que as aulas de Química não atendiam as recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM). Pois elas apenas exploravam a teoria e as resoluções de exercícios do livro didático; e devido à falta de laboratórios especializados necessários para este curso, não foram desenvolvidas aulas práticas, nem às de natureza lúdica.

O cenário citado acima favorece aquilo que os estudiosos afirmam em suas pesquisas sobre as aulas de Química: uma verdadeira “memorização” de informações, regras alheias aos fatos da vida, presa às teorias e resolução de questões voltadas para o processo seletivo para o ingresso no nível superior (antigo vestibular e desde 2009 predominantemente na forma do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM) extremamente difícil e pouco atrativo para os estudantes.

É por esses e outros motivos que muitos estudantes hoje concluem a Educação Básica não gostando da Química, na verdade, criam uma aversão a ela, como aconteceu com muitos dos meus colegas de turma do Ensino Médio, que diziam não suportar as aulas dessa matéria escolar. Além disso, existe também consequência para aqueles que ingressam o Ensino Superior em cursos das áreas da Saúde, Educação Física, Ciências Biológicas e afins.

Ao me preparar para os processos seletivos (o antigo vestibular) tive muita dificuldade em escolher o curso, e um dos fatores que me levaram a optar pela Química foi devido ao modo como o meu professor dessa disciplina do preparatório para o vestibular conduzia suas aulas e tornavam para mim as informações mais claras, de modo que me encantei com essa ciência. Tinha ainda pela frente outro desafio: escolher entre os cursos de licenciatura ou bacharelado em Química, ou ainda Engenharia Química.

Foi quando surgiu à oportunidade de auxiliar minha antiga professora de Química na escola em que estudei e tudo foi uma maravilha: a temática era fascinante (Química Orgânica), os estudantes se mostravam interessados e participavam bastante, e diziam ter gostado das aulas e das dicas de estudo. Minha antiga professora mostrava um semblante de orgulho. Depois desse dia não me restaram dúvidas sobre qual área gostaria de trilhar: Licenciatura em Química.

Diante disso, ao ingressar no curso em Licenciatura em Química vivenciei uma verdadeira discussão sobre as teorias que envolvem os conhecimentos químicos e também da

Educação, porém as aulas eram excessivamente teóricas e expositivas e já não me encantavam, antes eram entediantes e valorizavam por demais os procedimentos técnicos e quase não se discutia sobre o Ensino de Química.

Ao começar a lecionar para um preparatório de vestibular, sentia que minha formação deixara lacunas não só pedagógicas como também teóricas, e o que mais me deixou intrigada foi à ausência da Radioatividade não só na Educação Básica como também na graduação. E isso foi o suficiente para me envolver em um processo reflexivo de minha formação para ser professora de Química na Educação Básica.

Particularmente, neste momento de minha formação acadêmica, decidi não só investigar a formação dos futuros professores de Química em Radioatividade como também desenvolver um processo formativo que enfatize a importância deste conteúdo e a sua prática docente atrelada ao *Tema Transversal Meio Ambiente* como eixo norteador para se ensinar os conteúdos de Radioatividade atendendo aos princípios norteadores do currículo (contextualização e interdisciplinaridade) presentes nos PCNEM, os quais visam proporcionar uma aprendizagem significativa.

Partindo do pressuposto da minha experiência quando estudante da Educação Básica e graduanda do curso de Licenciatura em Química pela UFRPE, durante esse período de formação pessoal e profissional, a Radioatividade não foi abordada.

Com base nessa realidade, a presente pesquisa está voltada para o Ensino de Radioatividade e a importância de uma formação inicial em Química que propicie condições para a promoção de uma aprendizagem que faça sentido com este tema. Por este motivo, como professora da Educação Básica tenho a responsabilidade de trabalhar com essa temática independente da minha formação, sendo assim uma proposta desafiante.

INTRODUÇÃO

Descrever a importância do professor não é tarefa fácil, porém convém refletirmos na seguinte questão: o que a maioria da sociedade julga ser função do professor? Que ele tenha a responsabilidade social para ensinar, providenciar conteúdos científicos relevantes à área de ensino, e construir comportamentos éticos (bons modos), que podem ser interpretado de acordo com aquilo que é aceitável pela sociedade ou de um determinado segmento social como, por exemplo, as das instituições religiosas.

Na verdade, essa visão distorcida a respeito do papel do professor de ensinar “bons modos”, de fato está relacionada com o desempenho desse profissional da Educação, no entanto sua maior obrigação é ensinar os conteúdos científicos e discutir a suas implicações para a sociedade e seus valores. Entretanto, ensinar um conteúdo científico sem fazer uma relação com os fatos da vida, quase sempre conduz à aprendizagem mecânica ou memorística, aquela baseada em memorizar fórmulas, imagens, símbolos, nomes, dentre outros (MOREIRA; MANSINI, 1982).

O que na verdade se percebe é um jogo de interesses: de um lado, a gestão escolar espera que o professor domine e ensine os conteúdos próprios da disciplina; do outro, os pais, além dos conteúdos, também esperam que se ensinem os “bons modos”; e por fim, os documentos oficiais brasileiros da Educação alegam que o professor deve trabalhar de modo a tornar a aprendizagem significativa para desenvolver competências e habilidades “[...] para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 1996).

Por aprendizagem significativa devemos compreender como aquela onde o novo conhecimento irá interagir com os conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL, 2000). Dessa maneira, para o bom andamento do processo educativo, sugere-se que os conteúdos a serem ensinados sejam revistos para que o conhecimento seja desafiador a tal ponto que “[...] os estudantes e os professores, em interação, terão de produzir conhecimentos de modo contextualizado”, conforme recomenda as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) (BRASIL, 2006, p. 106).

Para tal, o Ensino de Química precisa fazer sentido para o aprendiz e “[...] a partir da sua vida e experiências, apresentar e explorar o seu cotidiano com exemplo, evitando chegar a ele apenas no final do processo” (MORAES; RAMOS; GALIAZZI, 2012, p. 194). Para isso, cabe ao professor, conduzir o ensino de tal maneira que o estudante compreenda que a disciplina de Química é importante. Se os conteúdos químicos estiverem focados apenas na

parte teórica e não acompanhados com a parte prática relacionada ao cotidiano do estudante, provavelmente ele não irá demonstrar interesse algum sobre esta disciplina.

Para isso, se faz necessário que o professor observe o conhecimento pedagógico referente a química segundo Johnstone (1993) o qual afirma que aprender química implica na compreensão de três aspectos de suma importância: a observação dos fenômenos naturais (universo macroscópico), a representação destes em linguagem científica (universo simbólico) e o real entendimento do universo das partículas como átomos, íons e moléculas (universo microscópico).

O ideal seria que o professor tivesse uma formação que lhe dê condições para trabalhar de forma contextualizada e interdisciplinar os objetos do conhecimento a serem ensinados (BRASIL, 1999). Porém, os cursos de graduação, e isto incluem as licenciaturas, ainda enfatizam os conteúdos teóricos de sua área específica somada aos tipos de aulas excessivamente expositivas (MASETTO, 2012). E, isso compromete à prática docente para se atender ao que se espera dos documentos oficiais brasileiros da Educação Básica.

Tudo que foi mencionado anteriormente também diz respeito ao professor de Química. No entanto, existem aspectos da formação que ficam restritos a pequenos momentos ou que não compõe a formação inicial, ou seja, existem conteúdos que não são abordados na graduação para darem prioridade a outros estabelecidos no Projeto Pedagógico do Curso.

Por esse motivo, é necessário ao professor de Química saber que a Radioatividade é uma propriedade da matéria decorrente da instabilidade do núcleo de um átomo para se atingir a estabilidade, para isso ele precisa emitir partículas radioativas e/ou ondas eletromagnéticas, e isso ocorre naturalmente.

Porém, existem processos realizados pelo homem que se utilizam e manipulam dos compostos desse fenômeno e que podem ser extremamente nocivos para o meio ambiente, e por consequência a ele próprio. Entretanto, a abordagem de Radioatividade não deve ficar restrita à teoria e uso que os homens dão a ela para gerar renda ou aos danos ambientais promovidos. Isto porque a exposição do ser humano as radiações que vem de fontes naturais, oriundas da crosta terrestre e das radiações cósmicas, ocorrem diariamente e, portanto, são inevitáveis e devem se fazer presente, em especial, nas aulas de Química e Física. Para isso, cabe à formação inicial despertar esse olhar mais amplo sobre essa temática e conteúdo escolar.

Isso nos fez pensar na abordagem do tema Radioatividade Ambiental na Licenciatura em Química como foco da nossa pesquisa como um recurso para contextualizar e ampliar o

enfoque dessa temática quer na Educação Básica ou nos cursos de formação de professores das Ciências da Natureza (Física, Química e Biologia).

Mediante esta constatação, passamos a fazer a seguinte indagação: quais os impactos da proposta de conteúdo Radioatividade Ambiental, no momento da formação inicial, na reelaboração do conceito de Radioatividade de futuros professores de Química? Visto que pretendemos realizar uma formação para licenciandos em Química a respeito da Radioatividade Ambiental como elemento a ser explorado no Ensino de Radioatividade.

Sendo assim, este trabalho teve como **objetivo geral** avaliar a influência da introdução do conteúdo Radioatividade Ambiental na formação inicial dos licenciandos em Química considerando suas concepções sobre Radioatividade, e possíveis desdobramentos na proposta pedagógica dos envolvidos na formação.

Mais especificamente, pretendemos diagnosticar a concepção de Radioatividade dos licenciandos, bem como temáticas e sua importância relacionada a este conteúdo para o Ensino de Química antes da formação; analisar como o conceito de Radioatividade dos licenciandos é afetado pelas informações apresentadas na formação em Radioatividade Ambiental; e avaliar como a Radioatividade Ambiental se faz presente nos planos de aula elaborados pelos licenciandos sob o tema Radioatividade.

Com a presente pesquisa, espera-se trazer à tona a discussão não somente sobre a importância de contextualizar a formação a ser dada pelo futuro professor da Educação Básica, pelo o fato dos conteúdos presentes na formação inicial necessitarem dialogar com as necessidades presentes em documentos oficiais da Educação, que são pertinentes para significar os conhecimentos científicos de modo a produzir uma aproximação entre o que se espera deste profissional e daquilo que se deseja alcançar em sala de aula.

O presente trabalho apresenta no seu primeiro capítulo a fundamentação teórica, a qual aborda primeiramente sobre a formação de professores geral e de particularmente de Química; sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, e informações sobre o conteúdo Radioatividade e Radioatividade Ambiental, sendo este último fruto da interseção entre Radioatividade o Tema Transversal Meio Ambiente (BRASIL, 1998).

O segundo capítulo apresenta os procedimentos metodológicos aqui escolhidos tanto para se promover a investigação pré e pós-formação sobre a inserção da proposta de conteúdo Radioatividade Ambiental para o Ensino de Química.

No terceiro capítulo apresentados e discutimos os resultados obtidos. E finalizamos com as nossas considerações finais, seguida de nossas referências, apêndices e anexos.

CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, iniciaremos abordando sobre a importância da formação de professores, os quais irão lecionar na Educação Básica no Ensino de Química. Essa formação é proveniente dos cursos direcionados às licenciaturas. Em consonância a esse tópico dissertamos sobre a formação de professores de Química. Em seguida, dedicaremos-nos a comentar acerca da Teoria da Aprendizagem Significativa e a relação deste com os mapas conceituais. E, por último, comentamos sobre o objeto da nossa formação e proposta para o Ensino de Radioatividade com enfoque Ambiental como uma alternativa inovadora para o Ensino de Química na Educação Básica.

1.1. Formação inicial de professores

No *ensino tradicional* (transmissão-recepção) os docentes são os donos do saber racional, científico e válido, e, portanto, o aluno passa a ser compreendido como um ser desprovido de saberes, ou ainda detentor de um saber insignificante como lembra Soares e Cunha (2000). Porém, é importante destacar que ser professor atualmente requer uma constante atualização. Para isso, os cursos de formação inicial docente, responsáveis pela pedra fundamental da prática docente, estejam direcionados, entre outras coisas, a levar os futuros docentes a refletirem sobre a sua própria prática, bem como renovar periodicamente a matriz curricular.

Como afirmam os autores Cachapuz, Praia e Jorge (2002), durante a formação os futuros professores passam anos presenciando as aulas teóricas fundamentadas em disciplinas do conteúdo específico do curso, os quais serão seus objetos de ensino enquanto futuros profissionais da Educação Básica. Em concordância a esta observação, Gatti (2008) afirma que o currículo das universidades é um dos problemas vigentes na educação escolar do Brasil, isso se deve ao fato de que o currículo tende a fragmentar o conteúdo, e não observar e estimular a interação entre elas, cedendo um grande espaço para as disciplinas de conteúdos específicos, e pouco espaço para se dedicar a formar professores.

Com isso, embora seja necessário ao futuro professor conhecer e saber dominar os conteúdos específicos é importante que se diga que deveria haver certo engajamento entre a formação teórica e pedagógica para se firmar a identidade de que o curso em questão é de

licenciatura. Podemos afirmar isso com base no que Lima (2007) alega sobre os cursos de formação inicial de professores, dentre elas pode-se destacar: a falta de conexão entre as disciplinas, e dos conteúdos específicos e pedagógicos, como também a falta de relação da prática docente e a formação de professor. Além disso, reside também a questão tanto no processo formativo, e por consequência, na prática do professor da Educação Básica do fato que a sociedade do século XXI ser caracterizada como sendo da informação e da comunicação (HYPOLITTO, 2009).

A instituição superior que trabalha com formação perante uma sociedade contemporânea tem a necessidade de assumir a função de criação e desenvolvimento do conhecimento, da pesquisa e de questionamentos. Contudo a realidade é outra, os alunos e futuros docentes são vistos como seres passivos ao conhecimento, acostumados à memorização e repetição de conteúdos específicos, sendo assim a instituição superior assume um caráter de fornecer simplesmente diplomas que habilitem os professores para o conhecimento científico e não para a prática pedagógica (HYPOLITTO, 2009), ou melhor: não prestam os serviços que realmente são almejados pela sociedade e repetidas vezes denunciadas por pesquisadores da área de Formação de Professores.

Uma dessas denúncias pode ser constatada mediante as afirmações de Carvalho e Gil-Perez (2011), quando afirmam que os cursos de formação inicial para docente apresentam algumas características comuns que podem dificultar o desempenho profissional dos licenciandos, por exemplo: a utilização de aulas expositivas que não estimulam a construir o conhecimento de forma dialogada, perpetuando a posição inativa do aprendiz. Sem deixar de mencionar que as universidades que ofertam cursos de formação normalmente estão descontextualizadas por não ter um olhar voltado às necessidades e realidades atuais das escolas públicas brasileiras (RAMOS, 2011).

Discutir a formação de professores vai além da modificação da organização curricular no “modelo 3+1”, implica em desenvolver conhecimentos pedagógicos do conteúdo desde o início do curso de formação. Portanto, as falhas científicas e as indigências conceituais dos programas de formação de professores são amplamente reconhecidas. Nesse sentido, Nóvoa (1997, p. 23) traz uma observação interessante quando afirma que:

É preciso situar a nossa reflexão para além das clivagens tradicionais (componente científica versus componente pedagógica, disciplinas teóricas versus disciplinas metodológicas, etc.), sugerindo novas maneiras de pensar a problemática da formação de professores.

Percebemos o quanto é relevante à formação do professor enquanto pessoa em constante adaptação da sua realidade. Ou seja, seres que pensam, criticam, sonham, imaginam, éticos e inconstantes. Diante disso, a formação de professores deve ser observada como algo que estará sempre em construção, ideia esta corroborada por Coelho (2003, p. 57):

Trabalho complexo e historicamente determinado, a formação de professores não é algo pronto, mas em construção. Extrapola os limites da universidade, do curso, do currículo, da formação inicial nas licenciaturas e se estende pela realização da tarefa, da obra de educar, de ensinar.

Compreendemos o quanto é fundamental contribuir com a formação inicial de professores proporcionando-lhes condições para uma prática de qualidade. Nesse sentido, o professor de Química, pode contribuir por meio de sua prática docente, tendo em mente a relevância social dessa disciplina para a formação de indivíduos críticos, para que as pesquisas dos professores continuem avançando por diversos caminhos.

1.1.1. Formação inicial de professores de Química

O intuito de um Curso de Licenciatura em Química (CLQ) é formar profissionais para atuar nos Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio para se ensinar, respectivamente, Ciências e Química. Durante a formação o curso deve contemplar diversos aspectos importantes que venham contribuir para a formação do bom professor, sendo importante reconhecer que a formação do professor é um processo ininterrupto, ou seja, não se inicia e muito menos termina em um curso de graduação em licenciatura (SILVA; OLIVEIRA, 2009). Contudo, acredita-se que o curso de licenciatura pode proporcionar ações formativas relevantes para a formação de professor.

Desse modo, Silva e Oliveira (2009) afirmam que o CLQ apresenta os seguintes objetivos: oferecer a possibilidade de construir conhecimentos do conteúdo a serem ensinados (curricular), pedagógico, referentes à construção do conhecimento científico, sobre as especificidades do processo de ensino-aprendizagem da Química, e etc. Porém, torna-se indispensável o fato de que o curso de formação inicial de professores em geral e também os professores formadores “[...] promovam novas práticas e novos instrumentos de formação, como estudos de caso e práticas, estágios de longa duração, memória profissional, análise reflexiva, problematização entre outras” (SILVA; OLIVEIRA, 2009, p. 2). Se observarmos,

as Diretrizes Curriculares Nacionais para Cursos de Química (BRASIL, 2001a, p. 4) enfatizam que o perfil dos formandos:

O Licenciado em Química deve ter formação generalista, mas sólida e abrangente em conteúdos dos diversos campos da Química, preparação adequada à aplicação pedagógica do conhecimento e experiências de Química e de áreas afins na atuação profissional como educador na educação fundamental e média.

Perante a formação profissional em Química a licenciatura diferencia do bacharelado devido às disciplinas pedagógicas, no entanto essas não dialogam com as disciplinas específicas das licenciaturas dificultando a formação da identidade docente.

Neste contexto, torna-se relevante o espaço reservado a prática como sugere a Prática como Componente Curricular (PCC), instaurada primeiramente pelo Parecer do Conselho Nacional de Educação/Conselho Pleno (CNE/CP) nº 9, de 08 de maio de 2001 (BRASIL, 2001), cujo resultado foi a Resolução CNE/CP nº 1, de 18 de fevereiro de 2002 (BRASIL, 2002) que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica¹, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena, objetivando, entre outras coisas, ser um espaço de formação voltado para desenvolver elementos que irão auxiliar na prática de ensino do futuro professor.

Bejarano e Carvalho (2003) ao pesquisarem junto aos professores de Química no início da carreira apontaram que muitos deles ao entrarem nas salas de aulas se deparam com a realidade da prática pedagógica, e vivenciaram fatos que não lhes foram apresentados durante a sua graduação. São situações como essas que ocasionam alguns conflitos e algumas críticas sobre o CLQ em torno da qualidade e eficiência prestadas durante a formação desses professores (BRITO; LIMA; LOPES, 2014). Neste sentido, para que a aula de Química faça sentido para o aluno, o professor de Química deve:

Compreender os conceitos, leis e princípios da Química; Conhecer as propriedades físicas e químicas principais dos elementos e compostos, que possibilitem entender e prever o seu comportamento físico-químico, aspectos de reatividade, mecanismos e estabilidade; Acompanhar e compreender os avanços científico-tecnológicos e educacionais; Reconhecer a Química como uma construção humana e compreender os aspectos históricos de sua produção e suas relações com o contexto cultural, socioeconômico e político (BRASIL, 2001, p. 7).

¹ Mais recentemente, em 2015, já se dispõem de um novo conjunto de DCN para a formação de professores da Educação Básica, porém em relação à PCC em nada difere das primeiras DCN lançadas em 2002 de acordo com Moreira (2017).

Nesse contexto, o que se observa muitas vezes na prática são os discursos de que os alunos não compreendem o conteúdo de Química, e que muitas vezes não gostam deste componente curricular por sua complexidade. Isso pode ser fruto de uma educação meramente tradicional, também conhecida como bancária, que segundo Freire (1987) se refere aquela onde o educador é dono do saber e o educando é uma “tábula rasa” desprovido de conhecimentos. Professores atrelados a uma educação tradicional, muitas vezes depositam bastante conteúdo nos alunos, sem levar em conta o que eles têm de conhecimentos prévios que podem interferir na compreensão daquilo que se está ensinando, de modo a gerar concepções equivocadas sobre o que se ensina (LIBÂNEO, 2013).

Para isso, faz-se necessário que o professor saiba conduzir o aluno dentro de um processo de aprendizagem significativa, compreendida como aquela em que a nova informação interage com a estrutura cognitiva do sujeito a partir daquilo que David Ausubel chama de conceito subsunçor ao estabelecer “pontes cognitivas” entre o que ele já sabe e o que está aprendendo (MOREIRA, 2006).

O que se espera é que o Ensino de Química² permita ao estudante compreender o mundo a sua volta e saiba intervir de forma criativa e positiva nesse ambiente.

Nesse contexto, Silva e Oliveira (2009) mencionam que em algumas universidades que apresentam o curso de Licenciatura em Química, os conteúdos de Inorgânica, Bioquímica, o que se nota é o grande enfoque na parte técnica. Com isso, entende-se que os docentes da universidade se esquecem de que estão formando professores de Química para a Educação Básica, os quais necessitam de outros fundamentos para atuarem nas escolas, como se o CLQ fosse dividido em duas partes: uma para despertar o lado da docência e outra para formar um Químico à semelhança do “modelo 3+1” presente na história da licenciatura no Brasil, que pelo visto ainda vive.

A impressão que se tem é a de que não é de responsabilidade dos docentes dos conteúdos específicos articular o conhecimento específico químico e o conhecimento pedagógico. Para isso, a lei é bem precisa quando afirma que “[...] é preciso indicar com clareza para o aluno qual a relação entre o que está aprendendo na licenciatura e o currículo que ensinará no segundo seguimento de ensino fundamental e no ensino médio” (BRASIL, 2002, p. 21). Para que esse cenário se modifique, segundo Batista et al (2009), algumas ações

² Consideramos a área de Ensino de Química um campo de conhecimento da Química, assim como é a Inorgânica, a Físico-Química, a Orgânica e demais. Mas para facilitar o entendimento, a partir da leitura, referir-nos à área de Química, considerando a parte técnica apenas, e a área de Ensino de Química, considerando a interface entre a parte técnica e humana, como a compreensão da construção do conhecimento químico, os aspectos epistemológicos, educacionais e culturais (SILVA; OLIVEIRA, 2009).

começaram a ser colocadas em prática, como propostas inovadoras para os cursos de Licenciatura em Química, as quais muitos resultados só poderão ser avaliados futuramente.

Com isso, entendemos que à formação inicial em Química contribua de forma significativa tanto no intelecto quanto na prática pedagógica. Onde o docente possa ser valorizado pelos seus conhecimentos e experiências profissionais, contudo sirva de exemplo para que eles tenham mais firmeza ao lecionar. Mas para isso, a questão de formar um profissional licenciado em Química exige que, ao final do curso de graduação, além de possuir bom conhecimento sobre Química também entenda o que implica ensinar essa disciplina, a qual envolve muitos aspectos, porque para ensinar algo de forma significativa é preciso caminhar muito bem pela área da Química e pela área de Ensino de Química. Quando na verdade, nos CLQ prevalece o fato de se privilegiar apenas um dos lados, geralmente o lado dos conhecimentos específicos da Química, buscando garantir que o licenciado em Química, tenha um enorme embasamento teórico e prático no campo da Química, formando uma minoria desses licenciandos que realmente visa atuar na Educação Básica como professores de Química.

1.2. Teoria da Aprendizagem Significativa segundo David Paul Ausubel

David Paul Ausubel (1918-2008) possuía graduação em Psicologia e Medicina, fez o doutorado em Psicologia do Desenvolvimento na Universidade de Columbia, foi professor no *Teacher's College*, tendo dedicando sua vida para compreender como as pessoas (crianças, jovens e adultos) aprendem de forma significativa ou não a uma visão cognitiva à Psicologia Educacional (MOREIRA, 2002). Segundo Praia (2000, p. 121):

David Ausubel: antes de mais importa referir que se trata de um psicólogo contemporâneo. De certo, deve ter sido influenciado pela teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget. Para o desenvolvimento do seu modelo de aprendizagem e na construção das suas ideias baseou-se na corrente cognitivista e construtivista da aprendizagem. Ausubel apresentou a sua Teoria da Aprendizagem Significativa Verbal Receptiva, em 1963, no seu livro *The Psychology of Meaning Verbal Learning* e posteriormente desenvolveu as suas ideias no livro *Educational Psychology: A Cognitive View*, publicado em 1968.

Elaborada por David Paul Ausubel (1968), o Cognitivismo, conhecido também como Psicologia da cognição. A teoria cognitivista contribui para descrever quando o ser humano se situa, organizando o seu mundo, de modo a estabelecer relações de significados à realidade em que se encontra. Dessa forma, esses significados não são entidades estáticas, contudo servem como ponto de partida para atribuir outros significados. Com isso, surge o termo conhecido como estrutura cognitiva, a qual está relacionada aos primeiros significados, constituindo o ponto básico da ancoragem dos quais derivam outros significados.

Ausubel afirma ainda em sua teoria como representante da Psicologia cognitivista preocupa-se com o processo para compreender, transformar, armazenar e usar informação envolvida na cognição, tendo o intuito de identificar os padrões estruturados dessa informação. Para esse representante cognitivista, o mesmo propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem, embora reconheça a relevância da experiência afetiva.

A teoria ausubeliana afirma que quando se fala em aprendizagem segundo o construto cognitivista, compreende a aprendizagem como um processo de armazenamento de informação, condensação de conhecimentos, os quais são incorporados à estrutura cognitiva do cérebro do indivíduo. De acordo com Ausubel aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva.

Para isso, as novas informações e ideias podem ser aprendidas e armazenadas à medida que os conceitos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, como um ponto de ancoragem para receber as novas ideias e conceitos.

Para Ausubel, Teoria da Aprendizagem Significativa é uma abordagem cognitivista sobre a construção do conhecimento, ela afirma que a aprendizagem só é significativa quando ocorre a interação entre as novas ideias e algum conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz de maneira substantiva, ou seja, de modo não arbitrário. Em outras palavras os novos conhecimentos adquirem significados para o sujeito quando se tem informações prévias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, adquirindo assim novos significados e uma maior estabilidade cognitiva (MOREIRA; MANSINI, 1982). Para tanto, deve-se potencializar a aprendizagem significativa para que não fique na mecânica. Além disso, facilitar a construção por parte do estudante é fundamental, assim mesmo saber o seu pensar, ou seja, o que ele traz de conhecimento prévio em sua estrutura cognitiva.

Desse modo, quando o professor de Química trabalha um conteúdo novo na sala de aula como, por exemplo, “Radioatividade Ambiental”, o aluno deve associar essa temática ao tema da Radioatividade. Mas, para isso é preciso saber o que o estudante entende ou sabe sobre Radioatividade. Nesse caso, se os conceitos sobre Radioatividade já existem na estrutura cognitiva do aprendiz, eles servirão de subsunçores para novas informações referentes à Radioatividade Ambiental.

Desse modo, é relevante o diálogo prévio entre o aluno e o professor, porque esse contribuirá para a construção do conhecimento daquele, sobre o conteúdo, o qual será ensinado. O que se deve fazer primeiramente é explorar a forma como pensa o estudante sobre o tema abordado. Com isso, o professor alinhará as percepções para que todos entendam que estão falando do mesmo tema Radioatividade, com uma visão voltada e ampliada para área ambiental.

Uma aprendizagem potencialmente significativa ocorre quando o material novo, ideias e informações interagem com conceitos relevantes disponíveis na estrutura cognitiva, contribuindo para a sua diferenciação, elaboração e estabilidade. Essa interação segundo Ausubel (1968) afirma que o material simbólico, ou seja, o conteúdo se torna potencialmente significativo quando a nova informação ancora-se em conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Para isso, durante uma explicação sobre o conteúdo novo há vários meios que possibilitem essa aprendizagem podendo ser relacionada por uma história, vídeo, figura, ou até mesmo um debate para que a nova informação possa interagir com a estrutura cognitiva.

Essas observações surgem em contraposição ao Ensino Tradicional, porque nele o aluno é visto como um mero ouvinte das informações expostas pelo professor. Tais informações, geralmente, não se relacionam aos conhecimentos prévios que os estudantes desenvolveram

ao longo da sua vida. E quando não há essa relação entre o que o aluno sabe e o que ele está aprendendo, a aprendizagem não é significativa, contudo mecânica.

Contrapondo com a aprendizagem significativa, Ausubel conceitua aprendizagem mecânica como aquela que apresenta pouca ou nenhuma associação com conceitos existentes e relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz. Nesse caso, informações novas são armazenadas de modo arbitrário. Isto significa, não existe interação entre a nova informação e aquela já armazenada.

David Ausubel destaca que o conhecimento é de suma importância à nova aprendizagem, por exemplo, representado por um símbolo já significativo, um modelo mental, uma imagem, um conceito, uma proposição, a tudo isso, ele chamou de subsunçor³ ou ideia-âncora, ou seja, é o nome dado a um conhecimento específico, existente na estrutura cognitiva do aprendiz, permitindo-lhe dar a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou descoberto por ele. Por exemplo, para se chegar ao conteúdo sobre Radioatividade, é recomendável ter o conhecimento prévio sobre átomos e sua estrutura atômica, tal como afirmam Aquino e Chiaro (2013). Esse conhecimento prévio sobre núcleo atômico contribui para compreender de forma clara e objetiva os processos de reações nucleares e emissão de energia.

De acordo com Chesman, André e Macêdo (2004) as primeiras especulações sobre a origem das substâncias ou matéria-prima que constituem os corpos surgiram entre os séculos V e VIII com os filósofos gregos. Estes afirmam que os quatro elementos primordiais na formação do universo são: água, ar, terra e fogo, os quais irão reagir entre si formando novas substâncias, consideradas primordiais para os filósofos Leucipo e Demócrito, defendendo a ideia de que todas as coisas do universo são constituídas por partículas minúsculas denominadas de átomo (que em grego significa indivisível). No início do século XIX John Dalton deu início à teoria atomística da matéria, designando de átomos compostos o que atualmente denominamos moléculas.

A estrutura da matéria é compreendida por moléculas, átomos, elétrons, prótons, nêutrons e outras partículas distribuídas em núcleos e orbitais, modelo esse elaborado por físicos e químicos. O primeiro modelo sobre a estrutura do átomo foi descrito em 1903, por Joseph John Thomson conhecido como “pudim de passas”, átomo seria descrito como uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça onde estariam incrustados os elétrons (carga elétrica negativa) de modo que a carga elétrica total é nula. Após onze anos outro cientista, Ernest Rutherford, o qual compara o átomo a uma estrutura semelhante ao “sistema solar”,

³ Ausubel define o conhecimento prévio (conhecimento existente na estrutura cognitiva do indivíduo) como "conceito subsunçor", "subsunçor" ou simplesmente ideia-âncora.

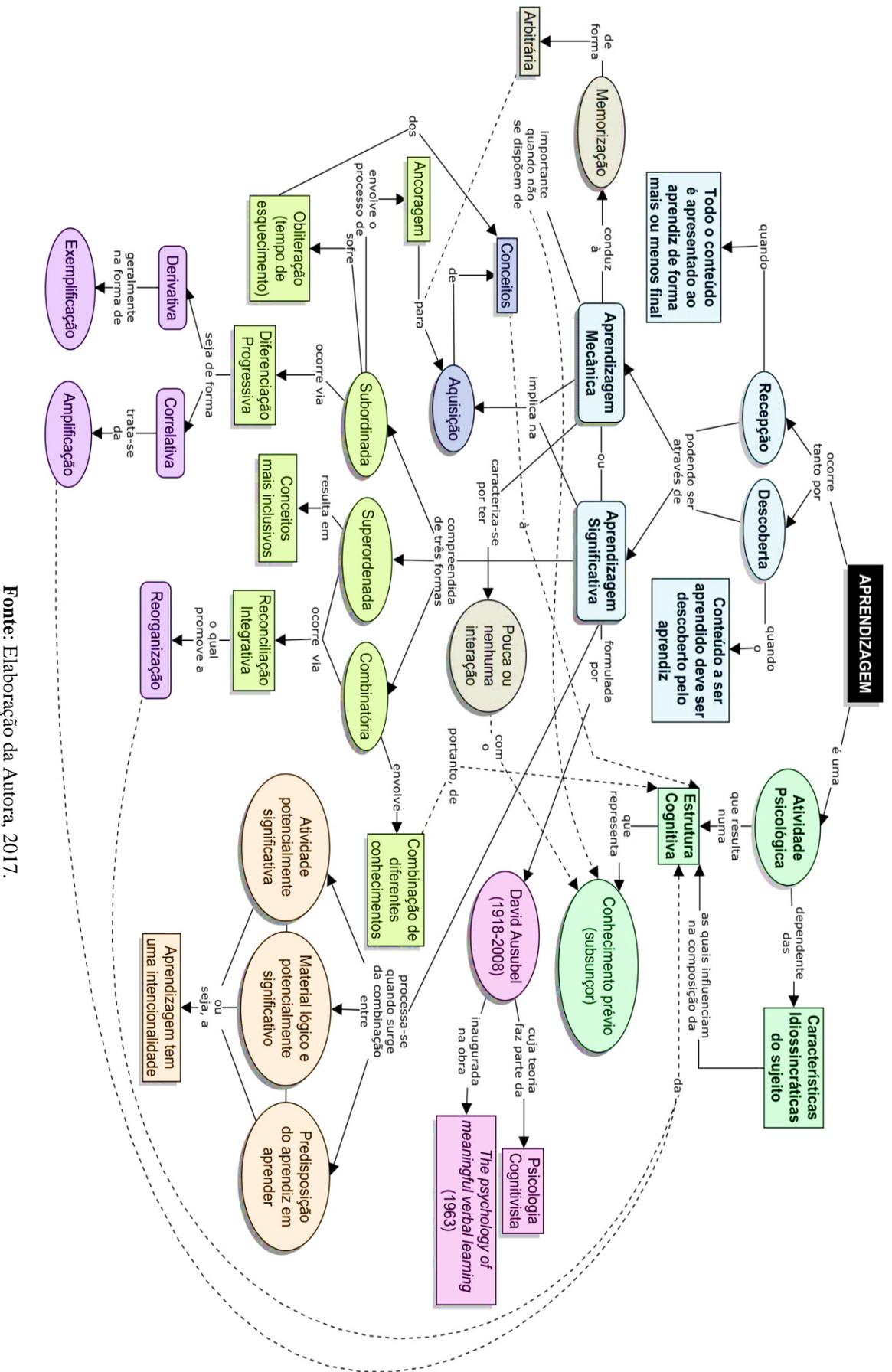
onde os elétrons se mantêm em movimento ao redor do núcleo atômico sem que os átomos entrem em colapso. Com isso, o átomo deixa de ser indivisível e homogêneo. Depois disso, dois anos depois Bohr, explica as inconsistências do modelo planetário de Rutherford, estabilidade do átomo e os espectros de linhas de emissão dos átomos. Para finalizar, Chadwick descobre o nêutron. Apesar disso, prótons e nêutron são compostos por partículas menores, subatômicas (quarks e glúons), no entanto o elétron, até o presente momento, não apresenta estrutura interna.

Em outras palavras, os novos conhecimentos que se adquirem relacionam-se com o conhecimento prévio que o aluno possui. Então, se a pretensão do educador é ensinar significativamente, basta que este avalie o que o aluno sabe e então ensine de acordo com esses conhecimentos, um exemplo disso, é quando se ensina os conceitos sobre a radioatividade, e propõem-se estratégias didáticas que levem em consideração o desenvolvimento científico, tecnológico e as questões ambientais intrínsecas ao estudo dessa temática.

Porém, se o aluno não tiver os conhecimentos prévios em sua estrutura cognitiva, o que fazer? Na concepção de David Ausubel, ele sugere os organizadores prévios que são recursos instrucionais apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e exclusividade em relação à nova informação (MOREIRA, 2006). Para que os estudantes compreendam uma nova informação, se faz necessário dentre as possibilidades para organizadores prévios, o uso de uma pergunta ou texto introdutório, a exploração de uma situação-problema, o uso de um documentário e o uso de aplicativos direcionados a áreas das ciências (Química, Biologia e Física). A construção de um novo subsunçor requer captação do conhecimento e sua internalização, por isso é um processo lento e que exige esforços tanto do docente quanto do estudante (GOWIN, 1981). A figura 1 representa resumidamente os tipos de aprendizagem segundo David Ausubel.

Segundo Tavares (2008a, 2008b) a aprendizagem é uma construção pessoal, oriunda de um processo experiencial, intrínseco à pessoa, e se manifesta numa modificação de comportamento relativamente estável. Ela pode ocorrer por recepção quando o conteúdo de aprendizagem é apresentado ao aluno na sua forma final para que possa recuperá-lo ou reproduzi-lo depois, por exemplo, a tabela periódica é apresentada aos estudantes pronta e acabada para que eles a decorem, de modo a oferecer pouca ou nenhuma oportunidade de construir os conceitos a ela relacionados.

Figura 1 - Mapa das principais ideias sobre aprendizagem significativa.



Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

Por outro lado, Moreira (2006) afirma que a aprendizagem por descoberta decorre quando o aluno descobre o conteúdo principal, geralmente atrelado a um ato de pesquisa ou investigativo, e reorganiza o conjunto das novas informações e internalizando-os com o conhecimento adquirido anteriormente, com o objetivo de produzir um conceito novo. Por exemplo, o Ensino de Química experimental realizado em laboratório podem ocorrer de duas maneiras: recepção e descoberta, possibilitando uma aprendizagem mecânica ou significativa (PRAIA, 2000).

Conforme a figura 1, a aprendizagem por recepção e descoberta pode acontecer de forma arbitrária ou através da interação com os conhecimentos prévios. Segundo Ausubel (1973) a aprendizagem que ocorre por recepção de modo arbitrário conduz a um tipo de aprendizagem que ele chama de aprendizagem mecânica que ocorre de forma arbitrária, ou seja, as novas ideias não se relacionam de forma lógica e clara com nenhuma ideia presente na estrutura cognitiva do sujeito, e essas novas informações são simplesmente memorizadas. Ao passo que a aprendizagem significativa é o oposto da mecânica, as ideias interagem com o conhecimento prévio presente na estrutura cognitiva do indivíduo. Com isso, a aprendizagem significativa de acordo com Ausubel (1976) ocorre quando o novo conhecimento interage com o conhecimento prévio trazido pelo estudante de maneira não arbitrária e não literal provocando mudança na estrutura cognitiva já existente.

De acordo com Cyrino e Pereira (2004) a aprendizagem e a problematização, ambas estão apoiadas na aprendizagem significativa e por descoberta, pois valorizam o aprender a aprender. Para isso, o ensino problematizador deve estar baseado nas experiências significativas vividas pelo indivíduo. Isso se deve ao tipo de aprendizagem por descoberta, onde os conteúdos são apresentados ao aprendiz na forma de problemas, cujo conhecimento deve ser descoberto e construído pelo aluno adaptando à sua estrutura cognitiva prévia.

Para que se tenha uma evolução da aprendizagem significativa é essencial que o aluno tenha uma disposição para aprender, somado ao fato de que o novo conhecimento interaja com o subsunçor existente na sua estrutura cognitiva mediante a disponibilidade de um material potencialmente significativo, cujo conteúdo esteja estruturado de maneira lógica (AUSUBEL, 2000). Sendo esta última ainda classificada em três categorias: subordinada, superordenada e combinatória (AUSUBEL et al, 1980).

A aprendizagem significativa subordinada ocorre quando a nova informação tem interação com os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva, levando essa interação a uma diferenciação progressiva, no qual os conceitos são organizados de modo hierárquico, do mais geral para o específico, referente a nova informação, tornando-se

significativo (LOURENÇO et al, 2007). Quando a modificação do subsunçor é bastante acentuada ou é um exemplo que alarga o significado de algo mais amplo que se sabe resulta-se em uma aprendizagem subordinada correlativa. Porém, quando a nova ideia é um exemplo, uma especificação de algo que se sabe ou apenas corrobora, reforça o subsunçor, é promovida uma aprendizagem subordinada derivativa (AUSUBEL, 2000).

Fala-se em aprendizagem superordenada quando a partir de uma série de conceitos existentes na estrutura cognitiva surge um novo conceito, mais abrangente, que engloba e reúne os conceitos preexistentes. Ou seja, há uma reorganização cognitiva, uma sobre ordenação conceitual. Assim, a aprendizagem superordenada envolve os processos de abstração, indução e síntese de novos conhecimentos que passam a subordinar os subsunçores que lhes deram origem (MOREIRA; MASINI, 1982).

Quando uma aprendizagem é superordenada pode ocorrer então à reconciliação integrativa. Essa aprendizagem existe quando proposições e/ou conceitos são adquiridos sem que exista uma relação de subordinação ou de superordenação com determinados conceitos especificamente relevantes, mas sim com um fundo conceitual mais amplo, que o indivíduo adquiriu. Um novo conhecimento implica na interação com vários outros conhecimentos existentes na estrutura cognitiva, inclusive conhecimentos de outras áreas, de outros domínios que não aquele que está sendo foco no momento, mas não é nem mais importante e nem mais específico do que os conhecimentos originais.

Do ponto de vista processual, a aprendizagem significativa pode ocorrer por meio da diferenciação progressiva e/ou da reconciliação integrativa (MOREIRA, 1980). Ambos fazem parte da dinâmica da estrutura cognitiva. Na diferenciação progressiva, o novo conceito aprendido interage com o conceito subsunçor e ancora-se nele, levando à sua modificação ou diferenciação, ou seja, um determinado conceito é desdobrado em outros conceitos que estão contidos ou em parte ou integralmente em si. Sendo assim, convém salientar que a diferenciação progressiva normalmente está presente na aprendizagem significativa subordinada.

Na opinião de Moreira (1999), quando os novos conceitos adquiridos e os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do indivíduo organizam-se e adquirem novos significados, este caso é conhecido como reconciliação integrativa. Normalmente a reconciliação integrativa ocorre na aprendizagem significativa superordenada na aprendizagem significativa combinatória.

Na aprendizagem significativa, o indivíduo não é um receptor passivo. Longe disso ele se torna protagonista no processo ensino-aprendizagem. Ele deve fazer uso dos significados

que internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados trazidos pelo professor/mediador e construir novos conhecimentos. Nesse processo, se está diferenciando sua estrutura cognitiva, e também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Assim, no processo de aprendizagem significativa não existe a diferenciação progressiva sem que haja a reconciliação integrativa dada a grande relação estabelecida entre eles (MOREIRA, 1980).

Diante do que foi citado, para ensinar significativamente é fundamental que o professor conheça o que o aluno sabe, mesmo sabendo que não é um processo simples. No entanto, é possível encontrar vestígios dos conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende, e uma dessas formas pode ser através do uso de mapas conceituais, que será mais adiante discutido.

Conforme Silva, Bezerra e Aquino (2016) a aprendizagem significativa não é uma garantia de que o conhecimento construído não poderá ser esquecido, isso porque os conceitos que permeiam por mais tempo na estrutura cognitiva se torna mais fácil de resgatar e construir o conhecimento mais uma vez no período de obliteração ou período do esquecimento. Para isso, os conhecimentos prévios vão servir de suporte para uma negociação de significados, os quais ocorrem de modo natural e no período de obliteração (esquecimento) o aprendiz não lembrado que foi estudado a um tempo distante. Segundo Monteiro et al (2008) o motivo para tal esquecimento é um processo que ocorre de forma natural, isso porque o cérebro apaga algumas informações da estrutura cognitiva para liberar espaço para outras informações mais atuais; informação esta reiterada por Moreira e Mansini (1982), e denominada por Ausubel como fase subsequente à assimilação significativa.

Para isso, Ausubel (2000) afirma que a assimilação é proveniente da aprendizagem e da retenção significativa. Perante essas informações, vale apenas ressaltar três tópicos relevantes sobre a aprendizagem significativa para que a aprendizagem significativa ocorra, há três pontos considerados primordiais, a saber: os conhecimentos prévios dos alunos devem ser considerados como norteadores para uma nova aprendizagem; o conteúdo trabalhado pelo professor deve ser potencialmente significativo; e o aluno precisa estar disposto para aprender de modo significativo. Pois, aprender de modo significativo requer muito esforço cognitivo do que meramente aprender mecanicamente.

A aprendizagem significativa ocorre quando o aprendiz relaciona a nova informação com os conhecimentos prévios (a partir do que já sabe). Ausubel afirma ainda que, a seleção do material (conteúdo) é uma decisão que cabe ao professor e a escolha por querer aprender é específica do aluno. Durante a construção do mapa conceitual o conhecimento aprendido do

tipo significativa pode direcionar a dois processos: A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

1.2.1. Mapas conceituais como instrumento de verificação da aprendizagem significativa

A Química é uma ciência abstrata, e devido a esta abstração os alunos sentem dificuldades de compreender os conteúdos e conceitos por ela abordados em sala de aula. Como consequência dessas dificuldades, os pesquisadores da área de Ensino de Química, ano após ano, propõem e divulgam diferentes propostas na tentativa contornar essa situação, a exemplo das que se encontram na revista *Química Nova na Escola*. Uma das formas dessas estratégias está ancorada na teoria anteriormente discutida que são os mapas conceituais.

Os mapas conceituais são diagramas bidimensionais criados inicialmente como um instrumento de avaliação de entrevistas (NOVAK; GOWIN, 1999) e, posteriormente, utilizadas por Novak “[...] para pôr em prática as ideias de Ausubel sobre a aprendizagem significativa” (ONTORIA et al, 2005, p. 49), quando propostos por Joseph Novak em 1972 durante um programa de pesquisa educacional do que crianças aprendiam sobre ciência (NOVAK; CAÑAS, 2010).

E apesar de existirem diversos tipos de mapas (teia de aranha, fluxograma, entra e saída, e hierárquico) (TAVARES, 2007), aquele que melhor se alinha a Teoria da Aprendizagem Significativa é o mapa conceitual hierárquico (AQUINO; CHIARO, 2013). Pois através dele observa-se que “[...] os conceitos são representados de maneira hierárquica, com os conceitos mais inclusivos e gerais no topo e os mais específicos e menos gerais dispostos hierarquicamente abaixo” (NOVAK; CAÑAS, 2010, p. 10), o que permite melhor visualizar o processo de diferenciação progressiva e os pontos de reconciliação integrativa.

Isto porque o uso de mapas conceituais, o conhecimento pode ser exteriorizado através da utilização de conceitos e palavras de ligação, formando proposições que mostram as relações existentes entre conceitos percebidos por um indivíduo (CAÑAS et al, 2000). Permitindo visualizar de modo mais claro às relações entre conceitos⁴ que o indivíduo estabelece em torno de um determinado tema presentes particularmente na sua estrutura cognitiva (OLIVEIRA E SILVA; NEVES; SILVA, 2014), tal como se fosse uma “foto” da

⁴ O *conceito* é um termo que representa uma série de objetos, eventos ou situações que possuem atributos comuns.

estrutura cognitiva (MOREIRA, 2000). O que significa dizer que tal estrutura com o passar do tempo e das vivências está sujeita a alterações.

Um alerta que os defensores fazem sobre o uso deste recurso na sala de aula, é de que os estudantes já estejam familiarizados com o assunto, de modo que sejam potencialmente significativos e permitam a integração, reconciliação e diferenciação de significados de conceitos (MOREIRA, 1980, 2010).

Em concordância com Moreira e Buchweitz (1993), o mapa conceitual pode ser usado como instrumento de análise do currículo, estratégias de ensino, recurso de aprendizagem e meio de avaliação. Assim sendo, ao se estudar ou produzir um mapa conceitual como parte do processo de aprendizagem de um determinado tema proporciona ao estudante não só o entendimento dos conceitos e interligações relacionados a este tema, como poderá proporcionar a percepção de lacunas que o levar a procurar por materiais instrucionais.

Este processo dinâmico facilita a construção de significados sobre o conteúdo que está sendo estudado por instigar o estudante a cada revisão ampliar o seu mapa. Desta forma, o mapa conceitual então se constitui em uma ferramenta de aprendizagem para o estudante à medida que o auxilia no planejamento dos estudos, preparação para as avaliações e resolução de problemas.

Um mapa conceitual apresenta uma visão idiossincrática de um indivíduo sobre a realidade a que se refere, logo não existe mapa certo ou errado. Existe uma representação de como se ligam os conceitos em sua estrutura cognitiva tornando clara tanto a *diferenciação progressiva* como a *reconciliação integrativa*.

Em razão disso, os mapas conceituais podem também ser utilizados pelo professor como um recurso de avaliação ou auxiliar na preparação de suas aulas, tornando claros os conceitos ou preenchendo as lacunas apresentadas pelos estudantes nos seus respectivos mapas conceituais (MOREIRA, 1984; TAVARES, 2008a, 2008b).

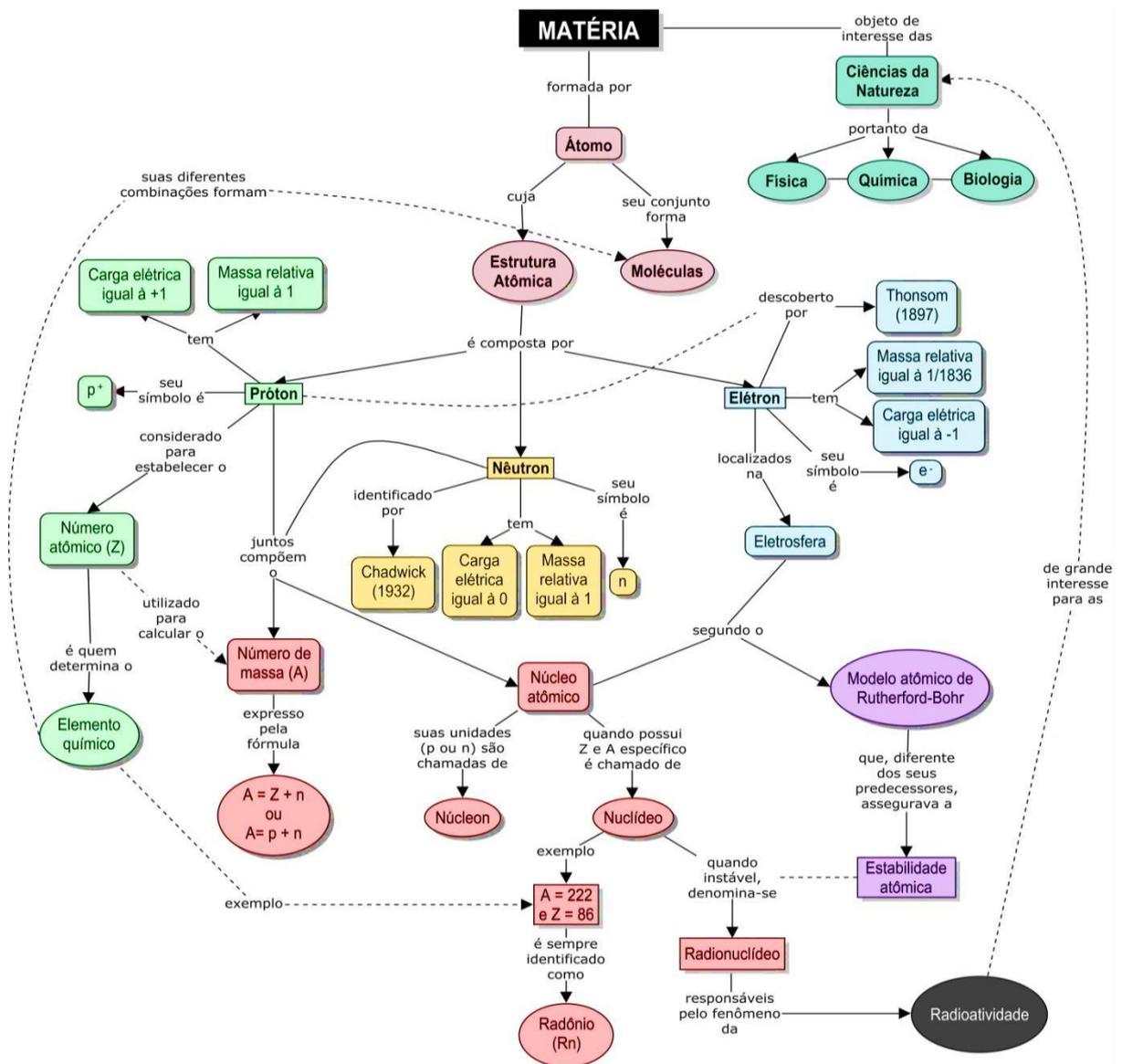
A respeito dessa avaliação, Moreira (2013, p. 35) comenta que, apesar de existir trabalhos propondo meios para avaliá-los quantitativamente (sobretudo, para atribuir notas), os mapas conceituais podem se constituir como um “[...] bom recurso para uma avaliação qualitativa, subjetiva, que busque evidências de aprendizagem significativa”.

Para isso, o autor acima informa que basta delimitar alguns critérios, tais como: a presença dos conceitos mais importantes; a hierarquização construída; se os conectores permite compreender claramente as relações dentro daquilo que foi discutido; e se existem pontos de reconciliação ou apenas verticalização dos conceitos. A título de ilustração desse tipo de análise, utilizaremos a figura 2 que apresenta um mapa conceitual sobre “Matéria”

para exemplificar a aplicação desses critérios.

Escolhemos este tema por ela ser significativamente importante ao posterior estudo sobre Radioatividade em breve apresentado. Trata-se de uma importante descoberta do século XIX, onde diversos pesquisadores, como Henri Becquerel, Ernest Rutheford, Henry Mooseley, Mendeleiev, Marie e Pierre Curie, realizaram vários estudos identificando um novo tipo de energia proveniente do núcleo atômico (KELECOM; GOUVEA, 2002). Mas, para a plena compreensão dos processos que envolvem a Radioatividade torna-se imprescindível compreendermos, ao menos, os conceitos de estrutura atômica e do elemento químico, considerados basilares para o estudo da Química Nuclear.

Figura 2 - Mapa conceitual sobre a Matéria.



Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

Em resumo, nota-se que o mapa apresenta os principais conceitos quando um estudante do 1º ano do Ensino Médio inicia os seus estudos em Química, como é o caso da compreensão da matéria ser objeto de interesse das Ciências da Natureza; e constituída por átomos que, por sua vez, apresenta certa composição básica (estrutura atômica).

Atualmente, a estrutura atômica é composta basicamente por prótons (p), nêutrons (n)⁵, os quais em conjunto constitui o núcleo atômico; e os elétrons (e) presentes na eletrosfera, segundo o modelo atômico de Rutherford-Bohr. Nesse sentido, a quantidade de prótons presente no núcleo atômico indica o número atômico (Z), e, por sua vez, determina o elemento químico, definido como todo conjunto atômico que possui o mesmo número de prótons, por exemplo: todo átomo que possuir 86 prótons será identificado como o elemento radônio (Rn). Enquanto que o somatório de p e n determina o número de massa (A), o qual pode ser expresso na seguinte equação: $A = p + n$.

A partir do conceito de “Estrutura Atômica” ocorre uma extensa diferenciação progressivamente destacando os principais conceitos (próton, nêutron, elétron, número atômico, número de massa, eletrosfera...) de modo hierarquicamente e de fácil leitura entre uma proposição e outra. Além disso, observa-se existir setas tracejadas que cruzam o mapa de um canto a outro e de baixo para cima evidenciando os pontos onde ocorre a reconciliação integrativa.

Com isso, fica notório entender como o uso de mapas conceituais se tornaram importantes para identificar os diferentes conceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, na época considerado inovador.

Apesar disso, “um mapa conceitual nota 10” exigiria de quem o elabora total familiaridade com as regras de sua confecção. Mas se tratando de um instrumento de pesquisa, é preciso reconhecer que o sujeito colaborador poderá cometer alguns equívocos que poderão eventualmente dificultar sua interpretação, mas nem por isso o material por ele elaborado deverá ser deixado de lado. Antes, sua leitura e compreensão devem ser complementadas com outros procedimentos de análise, tal como nos propomos a fazer aqui com a Análise de Conteúdo da Laurence Bardin (1994).

⁵ Os prótons e nêutrons não são partículas elementares. Eles são compostos por quarks unidos por bósons. Assim um próton é constituído pela tríade de quarks uud, enquanto o nêutron é constituído pela tríade de quarks ddu.

1.3. Radioatividade

Após a leitura de vários textos e o pouco esclarecimento sobre o uso das palavras *radiação* e *radioatividade* sejam elas oriundas de textos da área da Química como da Física, optamos neste momento, antes de apresentarmos maiores detalhes sobre esta temática, recorrer ao “Novo Dicionário Aurélio” (FERREIRA, 2009), uma vez que nem os próprios livros acadêmicos não explicam a diferença entre elas de maneira explícita, o que pode ser considerado um dos obstáculos epistemológicos para o Ensino de Radioatividade.

De acordo com Bachelard (1996), um obstáculo epistemológico ocorre quando o educando apresenta em sua estrutura cognitiva assimilação de conceitos inadequados, sejam eles oriundos dos conhecimentos empíricos, os quais vivenciados em seu cotidiano ou adquiridos na escola.

O “Novo Dicionário Aurélio” afirma que a definição das palavras Radiação e Radioatividade apresentam semelhanças:

- *Radiação*: 1. Ato ou efeito de radiar. 2. Qualquer dos processos físicos de emissão e propagação de energia, seja por intermédio de fenômenos ondulatórios, seja por meio de partículas dotadas de energia cinética. 3. Energia que se propaga de um ponto a outro no espaço ou num meio material.
- *Radioatividade*: 1. Propriedade de qualquer sistema que irradia. 2. Propriedade que têm alguns núclídeos de emitir espontaneamente partículas ou radiação eletromagnética, e que é característica de uma instabilidade dos seus núcleos.

Como se pode observar, o primeiro significado para ambas as palavras aparentam possuir o mesmo sentido, entretanto, essas diferenças ficam mais claras dentro do contexto da Física (Fís.). A palavra *Radiação* remete a capacidade de transmissão de energia seja ela particulada ou na forma de ondas eletromagnéticas. E no caso da palavra *Radioatividade*, o seu significado dentro do contexto da Física Nuclear (Fís. Nucl.) demonstra uma particularidade: trata-se de uma *parte de um átomo* (núcleo instável) que possui a capacidade de emitir radiação particulada ou na forma de ondas eletromagnéticas, que mais a frente são detalhadas e descritas.

Em razão de a emissão ser oriunda do núcleo atômico, e como veremos mais a frente ser de modo espontâneo, o termo adotado para caracterizar esse tipo específico de *Radiação* é denominado de *Radioatividade*.

Justificado a diferença entre os termos, vale salientar que a Radioatividade é uma temática considerada muitas vezes pelos estudantes como difícil e os professores tem

dificuldade para ensiná-la. Por isso, faz-se necessário neste trabalho abordamos resumidamente a história da Radioatividade; além de compreender os conceitos básicos, assim como o que as pesquisas falam sobre o Ensino da Radioatividade para então delimitarmos aquilo que se denomina de Radioatividade Ambiental, tema deste projeto de pesquisa ao levarmos em conta a presença de emissão e elementos naturalmente radioativos como proposta alternativa ou complementar para o Ensino de Radioatividade atrelada ao *Tema Transversal Meio Ambiente*.

1.3.1. História da Radioatividade

A história da Radioatividade teve início com alguns episódios que marcaram época durante os séculos XIX e XX. Nesse sentido, pretendemos apresentar as grandes descobertas dessa ciência que trouxe diversos benefícios para a sociedade em geral. As informações foram apresentadas no Marco Histórico da Radioatividade representadas no quadro 1 acerca dos episódios ocorridos durante essa época.

Em 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845 - 1923) trabalhava em uma sala com ausência total de luz, onde descobriu através de seus estudos a existência de um novo tipo de “raios” (MARTINS, 2003).

E em 28 de dezembro de 1895, Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) entrega à Sociedade Físico-Médica de Wurzburg, Alemanha, um relatório sobre a sua pesquisa preliminar que teria realizado em sete semanas, a qual informava sobre os objetos que se tornavam transparentes diante dos novos raios que, por serem desconhecidos, chamou-os de Raios-X. Em 1901, ele foi laureado com o primeiro Prêmio Nobel da Física. Atualmente, seu nome foi dado ao novo elemento químico de número 111 conhecido como, roentgenium, existente na tabela periódica (XAVIER et al, 2007).

A partir da descoberta dos Raios-X por Röntgen em 1895, no ano seguinte, Antonie Henri Becquerel (1852-1908), assim como outros cientistas de sua época, passou a se interessar pelos fenômenos de fosforescência e fluorescência, movidos em particular pela hipótese levantada por Henri Poincaré (1854-1912) de que havia uma relação entre Raios-X e a fluorescência (AQUINO; AQUINO, 2012). Até que em 1896, acidentalmente Becquerel descobre através de suas pesquisas experimentais a emissão (radiação) em sais de urânio que

mancharam as placas fotográficas e que também ionizavam os gases⁶ (ATKINS; JONES, 2012; OKUNO; YOSCHIMURA, 2010).

Em 1897, segundo Okuno e Yoschimura (2010), as descobertas sobre a Radioatividade por Becquerel em sais de urânio, na época conhecido como Raios de Becquerel, chamaram atenção da cientista polonesa Marie Skłodowska Curie (1867-1934), procurando-o para orientá-la em sua tese de doutorado, o qual sugeriu que investigasse o fenômeno por ele descoberto. No entanto, Marie Curie passou a se interessar na busca de novos elementos que emitissem os raios de Becquerel. O que viria a ocorrer em 1898 mediante os estudos da Marie Curie e Gerhard Carl Schmidt (1865-1949), este último descobriu no mês de fevereiro o elemento radioativo Tório (Th) e no mês de abril o mesmo elemento radioativo foi descoberto por Marie Curie (EICHLER; CALVETE; SALGADO, 1997).

Quadro 1 – Marcos histórico da Radioatividade.

ANO	EVENTOS
1895	Röntgen descobre os Raios-X
1896	Becquerel relata a emissão (radiação) de sais de urânio que mancharam as placas fotográficas.
1897	Marie Curie ao se interessa pela descoberta de Becquerel e passa a buscar novos elementos radioativos.
1898	Gerhard Schimidt e Marie Curie anunciam a descoberta do novo elemento radiativo: Tório (Th).
1898	Pierre e Marie Curie descobriram novos elementos radioativos: Polônio (Po) e o Rádio (Ra)
1899	Ernest Rutherford descobre a existência de dois tipos de radiação provenientes do urânio: α e β .
1900	Paul Villard descobre o raio gama (γ) como terceiro tipo de radiação emitido pelo urânio e rádio.
1903	- Rutherford anuncia que a partícula α é a emissão de um núcleo de He. -O casal Curie e Becquerel recebem o Prêmio Nobel de Física.
1906	Falecimento de Pierre Curie.
1908	Rutherford recebe o Prêmio Nobel de Química sobre a natureza dos “raios de Becquerel”.
1911	-Rutherford propôs um novo modelo atômico. - Frederick Soddy e Rutherford elucidam o processo de decaimento α (anunciada na forma da 1ª Lei de Soddy). -Marie Curie recebe o Prêmio Nobel de Química pela descoberta do Ra e Po.
1913	Anunciada a 2ª Lei da Radioatividade referente ao decaimento β .
1932	Enrico Fermi descobre o processo de fissão nuclear.
1934	A descoberta da Radioatividade Artificial por Frédéric Joliot-Curie e Irène Joliot-Curie.
1935	Frédéric Joliot e Irène Curie recebem o Prêmio Nobel de Química pela produção de elementos radioativos artificialmente.
1938	Enrico Fermi recebe o Prêmio Nobel de Física pela descoberta da fissão nuclear.
1939	Início do Projeto Manhattan.
1945	Lançamento da Bomba Atômica em Hiroshima e Nagasaki.
1986	Acidente na usina nuclear de Chernobyl (Ucrânia).
1987	Acidente com Césio-137 em Goiânia (Brasil).
2011	Acidente na usina nuclear de Fukushima (Japão)
2016	Coreia do Norte diz ter feito teste com bomba de hidrogênio.

Fonte: Elaborado pela Autora baseado em Aquino e Aquino (2012), Atkins e Jones (2012), Okuno e Yoskimura (2010), Xavier et al (2007) e Martins (2003).

⁶ Ver maiores informações sobre esse episódio da descoberta de Becquerel em Okuno e Yoschimura (2010).

Esse elemento radioativo foi proveniente do mineral pechblenda⁷ cujas propriedades se assemelham aos encontrados nos sais de urânios. Ainda nesse mesmo ano, Marie Curie juntamente com seu esposo, Pierre Curie, anunciaram a descoberta de mais dois elementos: o Polônio (Po) no mês de julho (OKUNO; YOSCHIMURA, 2010) e o Rádio (Ra) no mês de dezembro descoberto por Gustave Bémont (1867-1932), Marie e Pierre Curie anunciam o elemento com muita intensidade radioativa o Rádio (AQUINO; AQUINO, 2012). Entretanto, Atkins e Jones (2012) apresentam uma versão diferente para a descoberta desses elementos: afirmam que o casal Curie descobriu os três elementos químicos acima citados.

Em 1899, o físico e químico Ernest Rutherford (1871-1937) descobre a existência de dois tipos de radiação provenientes do urânio: as radiações α e β , todavia, Atkins e Jones (2012) discordam ao afirmar que na verdade foram três tipos de radiação: alfa, beta e gama (γ), sendo esta última com maior poder de penetração. Entretanto, Aquino e Aquino (2012) e Okuno e Yoschimura (2010) afirmam que a descoberta dos raios gama só ocorreu em 1900 através de Paul Ulrich Villard (1860-1934). Inclusive sendo um ponto de discordância entre esses últimos autores, tendo em vista que um deles alega que apesar do raio gama não ter sido descoberto por Rutherford, o mesmo havia batizado com esse nome em 1903 (OKUNO; YOSCHIMURA, 2010).

Já em 1903, Rutherford anuncia que a partícula elementar α na verdade trata-se de íons de H ou da emissão de um núcleo de He (AQUINO; AQUINO, 2012). Nesse mesmo ano, o casal Curie e Becquerel recebeu o prêmio Nobel em Física, enquanto em 1908 Rutherford recebe o Nobel em Química pela descoberta da natureza dos Raios de Becquerel.

Em 1911, Rutherford propõe um novo modelo atômico, conhecido como modelo do sistema planetário. E nesse mesmo ano, após investigar o processo de decaimento dos elementos químicos radioativos, o físico Frederick Soddy (1877-1956) em parceria com Rutherford, anunciaram a Primeira Lei da Radioatividade (ou 1ª Lei de Soddy) referente ao decaimento α , e algum tempo depois, a Segunda Lei da Radioatividade (ou 2ª Lei de Soddy) referente ao decaimento β (ROZENBERG, 2002).

Embora em 1906 Pierre Curie já fosse falecido, Marie Curie recebe seu segundo Nobel também em 1911, agora em Química, pela descoberta dos elementos químicos: Polônio e Rádio.

⁷ Minério comum de urânio e uma variedade de uraninita, de composição química UO_2 , cor amarelada, geralmente encontrado nas minas do Novo México e em Wyoming, Estados Unidos. O urânio é refinado para reduzir esse minério a metal, e assim enriquecê-lo do isótopo específico, neste caso o do urânio-235. Após esse processo de enriquecimento, o urânio enriquecido passa a ser utilizado como combustível dos reatores nucleares.

À medida que os estudos sobre a Radioatividade evoluía, foi possível levar à descoberta da Radioatividade Artificial, em 1934, através do casal Frédéric Joliot (1900-1958) e Irène Curie (1897-1956), genro e filha de Marie Curie, respectivamente. Foi proveniente do bombardeamento de uma folha de alumínio-27 com partículas α , que se observou o surgimento de um novo isótopo radioativo, ou radioisótopo, o fósforo-30. Com esse experimento foi possível obter novos radioisótopos não presente na natureza, através do bombardeamento de um núcleo estável. Com isso, receberam um prêmio Nobel de Química em 1935 (XAVIER et al, 2007).

Dando continuidade ao desenvolvimento da ciência surge ainda a descoberta da fissão nuclear em 1932 pelo físico italiano Enrico Fermi (1901-1954) (ROGLÁ, 2004), o qual observou que o bombardeio do núcleo de certos átomos com nêutrons de velocidade moderada fazia com que o núcleo capturasse o nêutron. Isto é, levou o cientista a concluir que o ataque do urânio ($Z=92$) com nêutrons moderados deveria produzir elementos transurânicos ($Z>92$), sendo assim desconhecidos, o que o levou a desenvolver o primeiro modelo de reator nuclear. Esse experimento foi realizado sem nenhum isolamento do elemento novo. Essa descoberta lhe renderia o Prêmio Nobel de Física em 1938. Roglá (2004) comenta também que por muito tempo acreditava-se ser a reação de fissão um processo exclusivamente humano, mas em 1972 foi descoberto restos de um reator nuclear natural de fissão na região de Oklo (Gabão).

Conforme Yamamoto e Fuke (2013), o Projeto Manhattan conduzido por vários cientistas do mundo todo e pela cooperação entre Estados Unidos, Reino Unido e Canadá, foi responsável de onde se obtiveram as primeiras armas nucleares durante a Segunda Guerra Mundial. Esse projeto teve a responsabilidade de inventar as bombas nucleares que foram lançadas sobre Japão em 1945, a qual mataram cerca de 140 mil pessoas diretamente e milhares indiretamente, vítimas da radiação.

E o terrível acidente nuclear na cidade de Chernobyl, Ucrânia, em 1986 assustou todo o mundo diante do potencial destruidor e contaminante dado o tamanho da nuvem radioativa produzida e que circulou a Europa durante dias, e que ainda nos dias de hoje encontra-se isolado em razão da forte presença da radiação no local. E outro acidente no ano seguinte na cidade de Goiás, no trágico episódio com o Césio-137 oriundo de um aparelho de radioterapia encontrado nas ruínas do Instituto Goiano de Radioterapia, e que rapidamente foi se espalhando pela cidade em decorrência do brilho emitido (TENÓRIO et al, 2015).

Anos mais tarde, o mundo tornaria a ver outro acidente nuclear, agora na cidade de Fukushima no Japão em 2011 em decorrência de um forte terremoto seguido de um tsunami

(MONTALVÃO, 2012). E mais recentemente, em 2016, a Coreia do Norte anuncia ter conseguido realizar com sucesso o teste com até então não construída bomba de hidrogênio, que possui um potencial muito mais destrutivo que a bomba atômica, por se utilizar da reação nuclear de fusão.

Diante desses fatos ocorridos, devemos compreender a relevância do percurso histórico e os fatos ocorridos ao nosso meio para o Ensino da Radioatividade, como também outros processos que a complementa, a exemplo da fissão e fusão nuclear entre outros que se destacam como a radiação alfa (α), beta (β) e a radiação gama (γ). Para isso, faz-se necessário que o professor também se utilize dos construtos históricos acerca da Radioatividade como um veículo que possibilita ao professor conduzir aos alunos refletirem, discutirem e internalizarem satisfatoriamente sobre este conhecimento, a ponto de desmistificar e dinamizar a aprendizagem de tal conceito, e desta maneira abrir espaço para que eles consigam superar algumas das lacunas conceituais sobre Radioatividade, que possam vir a surgir em um processo de ensino-aprendizagem específico desse tema.

1.3.2. Entendendo a Radioatividade

Diante dessas considerações, em relação ao núcleo atômico importa esclarecer os conceitos de núcleon e nuclídeo. O primeiro é referente a cada elemento que compõe o núcleo atômico (p ou n), ao passo que ao se referir ao conceito de nuclídeo fazemos menção a um núcleo com Z e A específicos, a exemplo do elemento químico urânio ${}_{92}^{238}\text{U}$ (A=238 e Z=92) (RODITI, 2005).

Estes conceitos se tornam importantes para compreendermos o significado do conceito de elemento radioativo como aquele em que o núcleo atômico pode mudar sua estrutura espontaneamente e emitir Radiação, ou seja, um elemento radioativo é aquele que possui um nuclídeo instável, sendo denominado de radionuclídeo (ver figura 3).

Esse fenômeno de grande interesse para a Física e Química constitui as Ciências Nucleares que visa, por exemplo: contribuir na preparação e recirculação dos combustíveis nucleares (por exemplo, o urânio e o tório para alimentar as usinas nucleares) para produção de energia nuclear; remoção de resíduos radioativos perigosos; utilizado na Medicina para o tratamento de câncer e para a produção de imagens dos órgãos internos de corpos vivos por meio do uso de alguns radioisótopos de meia-vida curta, e, portanto de mais rápida eliminação pelo organismo.

Além disso, é também utilizado em estudos dos mecanismos das reações⁸; na Arqueologia para a datação de objetos antigos, especialmente, através do carbono-14 (¹⁴C), como também na utilização da radioatividade para irradiar os alimentos objetivando esterilizá-los de possíveis micro-organismos e ovos depositados de certos artrópodes, principalmente dos insetos, que poderão deteriorá-los; embora também seja utilizado para fins bélicos como parte de estratégias militares, os quais envolvem debates político, ambiental e econômico em torno dessas questões (ATKINS; JONES, 2012).

Apesar de a descoberta ter rendido vários Prêmios Nobel de Física e de Química, a Radioatividade nunca teria sentido se ficasse apenas no laboratório de pesquisa ou na literatura científica, se não fossem as primeiras grandes conquistas de algumas de suas aplicações como, por exemplo, na Medicina, principalmente na luta contra o câncer e, mais tarde, a produção de energia elétrica.

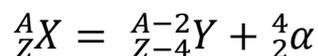
Xavier et al (2007) destacam que a datação se tornou a principal ferramenta desde 1950 para a determinação cronológica da idade de fósseis e objetos antigos. Foi dessa forma, por exemplo, que desvendaram a idade dos Pergaminhos do Mar Morto, madeira, papiros e animais que contém ¹⁴C, ainda presente nesses materiais sendo possível saber o seu tempo na Terra. Contudo, existe também a alucinação do homem: a Bomba Atômica ou a mais recente ameaça da Bomba de Hidrogênio, com o seu enorme poder de destruição. A partir disso, a radioatividade passou a ser questionada, pelos movimentos pacifistas, ecológicos e principalmente por cientistas nucleares (KELECOM; GOUVEA, 2002). Além de desastres decorrentes da produção de energia a partir do uso das usinas nucleares e suas consequências ambientais; bem como o episódio ocorrido aqui no Brasil como Césio-137 que servem de alerta para os perigos da má administração do uso desses recursos.

A Radioatividade se encarrega de entender o fenômeno da Radiação Nuclear, a qual está direcionada as reações nucleares em que os núcleos de átomos instáveis (radionuclídeos) sofrem alterações ao emitirem de modo espontâneo partículas alfa (α) ou beta (β)⁹ e radiações

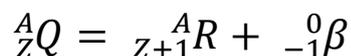
⁸ Importa distinguir as *reações nucleares* das *reações químicas*: I- Isótopos diferentes de um mesmo elemento sofrem as mesmas reações, contudo seus núcleos sofrem reações nucleares muito diferentes. II – Quando a partícula α ou β são emitidas pelo núcleo, forma-se um núcleo com número diferente de prótons. Conhecido como núcleo filho. III – As variações de energia são maiores para as reações nucleares do que para as reações químicas (ATKINS; JONES, p.706, 2012).

⁹ Existem dois processos de emissão de partícula beta: a positiva e a negativa. A positiva consiste do processo de desintegração de um próton em um nêutron, um pósitron e um neutrino, sendo que estes últimos não compõem a massa atômica, existindo a alteração apenas no número atômico, e com isso de elemento químico, sem haver alteração do número de massa em razão da compensação da formação do nêutron. Enquanto que a negativa consiste na desintegração de um nêutron em próton, um elétron negativo e um neutrino. Sendo que os dois últimos, assim como na positiva, não compõem a massa atômica, e por gerar um próton haverá a mudança no número atômico sem mudar o número de massa. Ou seja, em ambos os casos o número de massa não é

eletromagnéticas do tipo gama (γ). As duas primeiras são consideradas radiações corpusculares, sendo a radiação α de fraco poder de penetração e simbolizada por ${}^4_2\alpha$ ou ${}^4_2\text{He}$, o que implica dizer que o elemento radioativo ao emitir uma partícula alfa diminui de quatro unidades a sua massa (A) e conseqüentemente seu número atômico (Z) em duas unidades de prótons, sendo equivalente ao núcleo atômico do elemento hélio (He), gerando mudança de elemento químico, a qual é representada pela primeira Lei de Soddy:



Enquanto, que a radiação β (${}^0_{-1}\beta$ ou ${}^0_{-1}e$) possui poder de penetração considerado moderado é composto pela desintegração de um nêutron que ao emitir próton, um elétron negativo e um neutrino¹⁰, havendo a mudança apenas no número atômico sem alteração da massa atômica, gerando um elemento químico diferente do original, a qual é representada pela segunda Lei de Soddy:



Ao contrário das partículas alfa e beta, a radiação gama (${}^0_0\gamma$) é uma onda eletromagnética que possui alto poder de penetração dada à alta quantidade de energia, estando associado com a emissão seja de uma partícula alfa ou beta ao transformar os radionuclídeos em núcleos mais estáveis.

De acordo com o dicionário Houaiss de Física e colaboradores, afirmam que o pósitron (beta positiva (${}^0_{+1}\beta$)) ou pósitron é conhecido como uma antipartícula do elétron, cuja carga elétrica é igual à do elétron, contudo com o sinal oposto com a massa e o spin também iguais aos do elétron e cujo número leptônico é -1. Os pósitrons¹¹ podem ser obtidos através do decaimento dos isótopos radioativos como, por exemplo, Sódio de massa-22 (${}^{22}\text{Na}$), Cobalto de massa-58 (${}^{58}\text{Co}$) e Cobre de massa-64 (${}^{64}\text{Cu}$) ou na formação de pares elétron-pósitron (e^+) a partir de fótons de alta-energia.

alterado, porém o número atômico poderá ser reduzido em uma unidade (beta positiva) ou aumentado também uma unidade (beta negativa). Entretanto, a beta negativa é a forma de radiação mais comum e também citada nos livros didáticos de Química e dos livros utilizados no Ensino Superior.

¹⁰ O *neutrino*, assim como o *elétron*, *tau* e *múon*, é considerado como uma das *partículas fundamentais da matéria* classificada como *léptons*, os quais são partículas que não sofrem a influência da força que mantém prótons e nêutrons unidos no núcleo atômico, estando fora dessa estrutura capaz de circular por conta própria (AQUINO; AQUINO, 2012). Os neutrinos podem ser dos tipos: *neutrino do elétron*, *neutrino do tau* e *neutrino múon*.

¹¹ Os pósitrons são antipartícula emitidas do núcleo de radioisótopos com alto número de prótons. Conforme Robilotta (2006), a antipartícula do elétron, pósitron um exemplo disso, ocorre na realização de exame conhecidos como Tomografia por Emissão de Pósitron (positron emission tomography – PET). Este refere-se a distribuição de um radiofármaco emissor de pósitrons em uma determinada região do corpo para a tratamento do câncer.

Dessa maneira, Aquino e Aquino 2012, informam que as emissões de partículas beta negativas (β^0), são provenientes do núcleo excessivo de nêutrons. Contudo, o núcleo excessivo de prótons resulta na emissão de partículas beta positiva.

Essas reações espontâneas são conhecidas como desintegração ou decaimento radioativo (YAMAMOTO; FUKU, 2013), o qual está associado ao processo de transmutação nuclear, isso significa dizer que o radionuclídeo mediante a emissão da radiação alfa, beta e/ou gama transformar-se-á em outros núcleos mais estáveis, e com isso em outros elementos químicos. Por exemplo: levando em consideração um dos elementos encontrados na natureza e que são considerados de origem terrestre podemos citar o urânio de massa-238 (^{238}U), um radionuclídeo do elemento urânio, que ao emitir uma radiação alfa (também podendo ser chamada de emissão de partícula alfa), decai para o elemento radioativo ^{234}Th (um radioisótopo do tório), nesse processo tivemos o decaimento de um elemento pai (^{238}U) para um elemento filho (^{234}Th). Entretanto, esse processo de transmutação pode ser simulado artificialmente para gerar novos elementos químicos radioativos como é o caso do Plutônio-239 e Plutônio-241 que são induzidos a absorverem um nêutron a partir de um átomo de Urânio-238.

Este processo de decaimento ou desintegração está associado ao processo de Meia-Vida, que se trata de um período de tempo próprio de cada radioisótopo necessário para se reduzir pela metade a quantidade da massa (não da massa atômica) do elemento radioativo, em razão disso também é denominado de período de semidesintegração. Por exemplo: o ^{14}C possui meia-vida de aproximadamente de 5.760 anos, isso implica dizer que passado esse tempo à quantidade desse elemento presente na natureza é reduzida pela metade enquanto que a outra metade emite uma partícula beta decaindo para o elemento nitrogênio, e assim por diante a cada ciclo.

Dentre as reações nucleares temos as do tipo: fissão e fusão nuclear, ambas são reações altamente exotérmicas. A primeira é referente à quebra do núcleo instável acionada pelo bombardeamento de partículas de nêutrons em dois núcleos menores e, portanto, em outros dois elementos químicos; e este processo é utilizado dentro das usinas nucleares de forma controlada e em menor escala, e infelizmente como processo de reação química presente na bomba atômica; ao passo que a fusão nuclear é a junção de núcleos de átomos para formar um núcleo de número atômico maior, processo que requer alta quantidade de energia, tal como ocorre no interior das estrelas como o Sol, mas quando realizada também libera uma grande

quantidade de energia e em razão disso, até os dias atuais ainda não foi encontrada uma forma de controlar esse processo (ROLIM, 2012).

Por isso, faz-se necessário que o professor durante a sua formação inicial tenha conhecimento sobre essa temática, para que possa discutir sobre a importância da Radioatividade com os seus alunos levando em consideração a criticidade desse conteúdo como algo naturalmente presente (as fontes naturais de Radioatividade), porém quando artificialmente manipulado para os mais diversos fins, especialmente militares, possui potencial para afetar toda a dinâmica da vida no planeta, concordando com os autores Kazuhito e Fuke (2013, p. 277) afirmam:

Ainda hoje, o estudo da radioatividade gera grandes polêmicas, principalmente pelos eventos dos últimos anos envolvendo acidentes com usinas nucleares. [...] É importante sempre termos em mente que o conhecimento é a principal ferramenta para formularmos opiniões abalizadas, afastarmos preconceitos e exercermos a cidadania.

Diante das considerações acima apresentada sobre a utilidade dos conhecimentos produzidos pelas Ciências Nucleares, podemos afirmar que o seu desenvolvimento gira em torno da Radioatividade, uma nova propriedade da matéria descoberta no século XIX. Entretanto, vale salientar que seu uso de forma responsável contribui com o bem estar da humanidade, principalmente na área da saúde, por exemplo, os contrastes usados em exames médicos, as técnicas de imageamento, radioterapia, etc.

1.3.3. O Ensino de Radioatividade numa nova perspectiva

De modo geral, nas escolas, o indivíduo interage com o conhecimento científico através de informações memorizadas, adquirindo o conhecimento acumulado pelas gerações adultas como verdades absolutas (LUCKESI, 1994). Tal situação é vista como um dos grandes problemas, especialmente, observado no componente curricular Química durante o Ensino Médio (BRASIL, 1999).

Espera-se então que o Ensino de Química seja de forma valorizado, na qualidade de instrumento cultural essencial na educação humana, como meio coparticipante da interpretação do mundo e da ação responsável na realidade. Ensinar Química no Ensino

Médio é possibilitar ao aluno uma compreensão mais abrangente dos processos químicos que estão a sua volta fazendo relação com o conhecimento científico (BRASIL, 2002).

Com vista a esse objetivo e de formar um cidadão apto a interpretar e atuar na sociedade, o ensino de Química precisa estar centrado na inter-relação entre a informação química e o contexto social do indivíduo para que o mesmo possa conviver na sociedade. Nessa ocasião, procura-se voltar às atenções aos conceitos científicos e aspectos tecnológicos e sociais no Ensino de Química, sem abrir mão da relação com as questões socioambientais (SANTOS; MÓL, 2006).

Para isso, os PCN (BRASIL, 1999) sugere a implementação de práticas contextualizadas. Nesse sentido, Moreira (2017) compreende a contextualização como uma necessidade pedagógica para que os conteúdos ensinados, além de facilitar sua aprendizagem, tornem-se relevantes dentro de uma problemática socioambiental. Sobretudo, por permitir ao aluno se sentir motivado a buscar o conhecimento, e assim possibilitar a aprendizagem significativa.

Agindo desta forma, estaremos proporcionando o acesso aos conhecimentos químicos que permitam a “[...] construção de uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada, contribuindo para que o indivíduo se veja como participante de um mundo em constante transformação” (BRASIL, 1999, p.241).

Com isso, há a necessidade de superarmos o atual Ensino de Química praticado. Criticado porque o aluno é considerado um mero ouvinte das informações que o professor expõe (LIBÂNEO, 2013). Tais informações, geralmente, não se relacionam aos conhecimentos prévios que os estudantes desenvolveram ao longo da sua vida. E quando não há essa relação entre o que o aluno sabe e o que ele está aprendendo, a aprendizagem não é significativa (AUSUBEL, 2000).

O Ensino de Química nesse contexto não deve ser abordado como se fosse um conhecimento isolado, abstrato e sem aplicação. O aluno deve reconhecer a Química como um corpo de conhecimento capaz de levá-lo à refletir sobre os diversos fenômenos que o rodeiam no dia-a-dia e que estão difundidas no mundo à fora numa perspectiva crítica quanto aos seus impactos no campo social, tecnológico, político, econômico e ambiental.

Dizemos isso, baseado no que afirma aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1999), o Ensino de Química realizado nas escolas está muito distante do que se pretende, é fundamental que esta disciplina seja compreendida criticamente, para que estas sejam superadas, de acordo com suas limitações (BRASIL, 2000).

Para isto, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) (BRASIL, 2006) recomendam que os alunos devam compreender os conteúdos a partir de temas sociais, como por exemplo, a Radioatividade. Onde os quais devem saber a importância do uso da energia nuclear, os perigos envolvidos ante aos fatos históricos em volta da Radioatividade, visto que ainda se constata ser pífio o entendimento dos estudantes sobre impactos sociais da mesma (MESSEDER; PIRES; PIRES, 2013). Até porque o nosso país “[...] é um dos três únicos países do mundo que dominam o ciclo de enriquecimento do urânio e, ao mesmo tempo, têm reservas de urânio em seu território. Os outros dois são Estados Unidos e Rússia” (MONTALVÃO, 2012).

Isso não significa dizer que o conteúdo Radioatividade seja desestimulante ou extremamente difícil, muito pelo contrário: é interessante e ao mesmo tempo impactante, por sua realidade envolver fortes marcas históricas de catástrofes e desastres (DOMINGUINI; CLEMES; ALLAIN, 2012) como as ocorridas em Chernobyl (Ucrânia), Goiânia (Brasil) e, mais recentemente, Fukushima (Japão). Além dos recentes noticiários relacionados ao programa de enriquecimento de urânio no Irã e rumores de armas nucleares intercontinentais vindos da Coreia do Norte, avivam à nossa memória aos mais de 70 anos das explosões das bombas atômicas lançadas sobre o Japão pelos Estados Unidos.

Diante desses acontecimentos, novas tensões políticas e sociais são geradas trazendo à tona no imaginário da sociedade apenas os malefícios quanto ao uso da Radioatividade, esquecendo-se, por exemplo, do uso da mesma na Medicina Nuclear (COSTA; PINHEIRO; MORADILLO, 2016). Com o avanço da tecnologia, a Radioatividade se aproxima ainda mais do cotidiano das pessoas, e mitos tem sido deixados para trás diante dos benefícios oriundos das radiações.

Embora seja possível através do tema Radioatividade explorar diferentes temáticas e de modo ricamente contextualizado, em especial do ponto de vista sócio-histórico e ambiental, o Ensino de Radioatividade deverá ter como sua principal meta discutir as potencialidades e riscos envolvidos no uso da energia nuclear permeando questões sociais, éticas, políticas e ambientais capazes de dialogar com a realidade do estudante (DOMINGUINI; CLEMES; ALLAIN, 2012; SÁ; SANTIN FILHO, 2009).

Apesar de todo esse potencial, o Ensino da Radioatividade, comum ao currículo de Química e Física, limita-se a explorar na Educação Básica: a descoberta da Radioatividade; estudo das emissões alfa, beta e gama; fissão nuclear; fusão nuclear; aplicabilidade da radioatividade (SILVA; SIMÕES NETO, 2012).

Em contrapartida, desde que os PCNEM (BRASIL, 1999) foram lançados, existe uma dificuldade, por parte de alguns professores, de como colocar suas aulas em prática, de forma contextualizada. Segundo Lopes (2007), algumas pesquisas mostram que professores tentam contextualizar apenas por meio de exemplos e que não consideram os aspectos sociais e econômicos envolvidos, o que, segundo Moreira (2017), não caracteriza uma prática contextualizada. Alegando, inclusive, que o currículo é muito extenso, não sendo possível uma contextualização mais abrangente por falta de tempo.

Ainda sobre o tema dificuldade, pesquisas apontam outros fatores que impossibilitam o professor de Ciências, e que podem ser estendidos aos docentes de modo geral, explorarem as diferentes temáticas da Radioatividade ou do currículo em geral, tais como a “[...] falta de interesse, de tempo ou esgotados em sua jornada de trabalho” (SÁ; SANTIN FILHO, 2009, p. 160). Argumento este reafirmado por Jacob e Messeder (2012), que indicam ser o Ensino da Radioatividade em sala de aula restrito, além dos já citados, também pelo despreparado dos professores e configurando-se como uma temática desafiadora para alguns professores.

Conforme Marie Curie “Nada na vida deve ser temido, somente compreendido. Agora é hora de compreender mais para temer menos”. Assim, compreendemos ser esta a função primordial do professor de Ciências da Natureza¹² ao tratar do conteúdo Radioatividade e, assim, desconstruir a fama negativa que a mesma carrega. De tal forma que seja capaz de revelar para os alunos ter este fenômeno uma vasta utilidade quando usado para o bem estar social (COSTA; PINHEIRO; MORADILLO, 2016).

E isso traz reflexos que se perpetuam quando estes estudantes chegam às universidades, como bem comprova Kelecom e Gouvea (2002), os quais afirmam que a percepção dos estudantes universitários sobre Radioatividade é muito superficial, pois estes foram preparados com o objetivo apenas de passar nas provas dos vestibulares.

O que se observa na prática ainda, com relação ao Ensino de Radioatividade, é que os professores de Química se baseiam em uma abordagem centrada em cálculos envolvendo o tempo de meia-vida de algum radioisótopo ou até mesmo balanceamento de equações nucleares por serem os principais elementos explorados pelos livros didáticos (SILVA; SIMÕES NETO, 2012).

Aliás, o estudo da Radioatividade na Educação Básica, por ser um conteúdo comum à Física e Química, convém salientar que o primeiro contato desse conteúdo no Ensino Médio

¹² Aqui compreendemos como professor de Ciências da Natureza aqueles que lecionam Ciências no Ensino Fundamental, e os professores de Biologia, Física e Química. Haja vista que o tema Radioatividade por ser objeto de estudo da área das Ciências da Natureza, logo, é um tema de interesse a todos os professores que a compõem.

ocorre, geralmente, por meio da componente curricular de Química no período do 2º ano do Ensino Médio, enquanto que sua abordagem na componente curricular de Física ocorre no 3º ano do Ensino Médio (SÁ; SANTIN FILHO, 2009).

Possivelmente, em razão disso, o conteúdo de Radioatividade é geralmente deixado em segundo plano, dentre os conteúdos de Química estudados no Ensino Médio. O que talvez explique o fato dele ser abordado no final ou parte de um dos capítulos dos livros didáticos de Química do ensino médio (COSTA; PINHEIRO; MORADILLO, 2016; SÁ; SANTIN FILHO, 2009) e em poucas páginas (SILVA; SIMÕES NETO, 2012). Constituindo-se, assim, como mais um fator que limita a abordagem da Radioatividade.

Embora esses obstáculos façam parte da realidade de muitos profissionais, devemos atentar para o fato de que atualmente os jovens estão acostumados com informações do tipo dinâmicas, e desenvolvidos a partir da linguagem verbal e não verbal. Impondo ao docente buscar novas formas de fazê-lo apreender o mundo das coisas e o saber por ele ministrados à semelhança dessa nova realidade, ou seja, mais interativo e dinâmico.

Para isso, ano após ano novos trabalhos que exploram a Química Nuclear revelam ser possível e bem sucedido abordá-la através de poesia, histórias em quadrinhos (HQ), uso de vídeos como propostas inovadoras para o Ensino de Química Nuclear, permitindo a construção de uma visão crítica dos alunos perante essa temática (FIGUEIRA; NAGAMINI, 2005; JACOB; MESSEDER, 2012).

Outro exemplo, mais inserido no contexto da juventude, é o relato de Eichler, Junges e Pino (2005) que trazem uma proposta também inovadora para o Ensino de Radioatividade através do jogo, muitas vezes subestimado e reconhecido apenas com o intuito de motivar e incentivar às ações educativas. Nesse trabalho são apresentados *softwares* educativos que abordam sobre Radioatividade para os alunos do Ensino Médio.

Além disso, é preciso destacar que o conteúdo sobre Radioatividade está presente em “[...] filmes, livros, desenhos, quadrinhos e outras manifestações cultural moderna. [Evidenciando ser] Sempre é fascinante saber um pouco mais sobre as radiações nucleares e suas aplicações” (SILVA; SIMÕES NETO, 2012, p. 1, acréscimos nossos). Essas manifestações culturais utilizadas como estratégias didáticas são essenciais para explorar o conteúdo de Radioatividade na Educação Básica.

Entretanto, apesar dessas propostas serem inovadoras na sua forma de apresentação e dinâmica de execução ainda continuam centradas nos mesmos temas presentes nos livros

didáticos mencionadas por Silva e Simões Neto (2012), sem trazer algo de novo capaz de renovar o Ensino de Radioatividade.

Foi pensando nessa possibilidade de tentar encontrar um meio capaz de contornar as dificuldades do Ensino de Radioatividade, e diante do Tema Transversal Meio Ambiente (BRASIL, 1998) que vislumbramos um caminho possível para realizar a aproximação do conteúdo tão fortemente associado ao episódio das bombas atômicas e tragédias nucleares. Esquecendo-se, desavisadamente, da origem dos compostos responsáveis por esses episódios estarem livremente presentes na natureza.

E a partir desse cruzamento que passamos a pensar na ideia de Radioatividade Ambiental como uma abordagem pedagógica das emissões radioativas e a interação dos compostos radioativos naturais e artificiais com os seres vivos através dos ciclos biogeoquímicos, como pertencente ao conteúdo de Radioatividade do currículo tanto escolar como da formação de professores da área das Ciências da Natureza. Pois, em tese, essa proposta viabiliza o seu ensino sem necessariamente ter que recorrer às atividades laboratoriais, em razão do alto grau de periculosidade envolvida no manuseio de compostos radioativos, seja na Educação Básica como nos cursos de formação (inicial ou continuada) de professores, se não olharmos para as fontes naturais dos compostos radioativos passíveis de serem demonstrados e manuseados em sala de aula.

Portanto, trata-se de uma postura didático-pedagógica que propicia a articulação entre o conhecimento do conteúdo com o conhecimento pedagógico, que resulta, conforme menciona Brayner-Lopes (2015), no conhecimento pedagógico do conteúdo. Ou seja, no entendimento de que não basta ter bom domínio teórico científico ou pedagógico para ensinar, e sim, da compreensão de que o sucesso de uma proposta de ensino-aprendizagem é fruto da união desses conhecimentos.

É nessa perspectiva que Aquino e colaboradores (2016) afirmam ser a Radioatividade Ambiental uma proposta potencialmente significativa para que os professores de Química, e também de Física e Biologia, desenvolvam o tema Radioatividade – propiciando a abordagem interdisciplinar, e a recomposição das Ciências Naturais como campo singular e não fragmentada. O que sugerimos ser feito através da inserção da abordagem o ciclo natural dos elementos radioativos presentes na água, no ar, no solo, e conseqüentemente, nos seres vivos e seus alimentos (AQUINO; AQUINO, 2012; AQUINO et al, 2016; OKUNO, 2013), mais suas inter-relações com os impactos das atividades humanas com o material portador natural ou sinteticamente radioativo.

Isto se deve porque a Radioatividade deve ser tratada como um fenômeno físico-químico natural. E nele, os átomos de núcleos instáveis (radionuclídeos) que emitem partículas e ondas eletromagnéticas radioativas estão naturalmente presentes no ciclo dos elementos químicos: urânio-238 na água que bebemos; potássio-40 na banana; radônio-222 no concreto e no ar que respiramos (AQUINO; AQUINO, 2012). Esses aspectos têm sido negligenciados pelos livros didáticos em geral, inclusive os do Ensino Superior, e conseqüentemente da formação de professores. E antes de prosseguirmos, convém esclarecer os termos Radioatividade Natural, Radioatividade Artificial e Radioatividade Ambiental.

A Radioatividade Natural provém do meio ambiente, e “[...] remonta à formação dos átomos, e pode ter milhões de anos. Se existem átomos radioativos naturais, cuja radioatividade dura pouco tempo, é porque se originam de precursores de vida mais longa” (HENEINE, 1991, p. 339). Ou seja, a Radioatividade Natural é decorrente dos radionuclídeos presentes na crosta terrestre (radionuclídeos primordiais) e dos radionuclídeos resultantes das interações dos raios cósmicos (também denominados de radiação cósmica ou galáctica) com a atmosfera (radionuclídeos cosmogênicos) (VASCONCELOS, 2010).

Explicando melhor, desde a origem da Terra a exposição dos seres terrestres as fontes naturais de Radioatividade é inevitável. Estando, assim, comumente aptos a tolerar certos níveis de Radioatividade, sem maiores conseqüências a exemplo dos raios cósmicos originado do Sol e da via Láctea, o qual consiste de prótons de alta energia (cerca de 85%), partículas alfa (cerca de 14%) e núcleos atômicos mais pesados (cerca de 1%) (BONOTO, 2004). Sobre essa radiação, Okuno (2013, p. 190) diz ainda que:

A radiação cósmica foi descoberta em 1912 pelo físico austríaco Victor Hess. Sua origem é extraterrestre e há fortes indícios de que ela provém de supernovas, atravessa o espaço sideral, e de 85% a 90% do que atinge a atmosfera terrestre são prótons, de 9% a 12% são partículas alfa, e 1%, núcleos de elementos pesados, todos extremamente energéticos. Essas partículas interagem com átomos da atmosfera e criam várias outras partículas, que constituem a radiação cósmica secundária, incluindo mésons pi, elétrons, nêutrons e fótons. Ao nível do mar, cerca de 75% da radiação cósmica é constituída de múons que resultam do decaimento de mésons pi, e o restante são essencialmente fótons e elétrons. A intensidade da radiação cósmica secundária varia com a altitude, e a máxima, chamada máximo de Pfotzer, ocorre entre 15 e 26 km. Varia também com a latitude, sendo menor na região do equador e maior nos polos, devido ao campo geomagnético.

Os astronautas ficam expostos à radiação cósmica primária e os aviários, à radiação cósmica secundária em voos, mais do que nós, uma vez que a atmosfera terrestre a degrada.

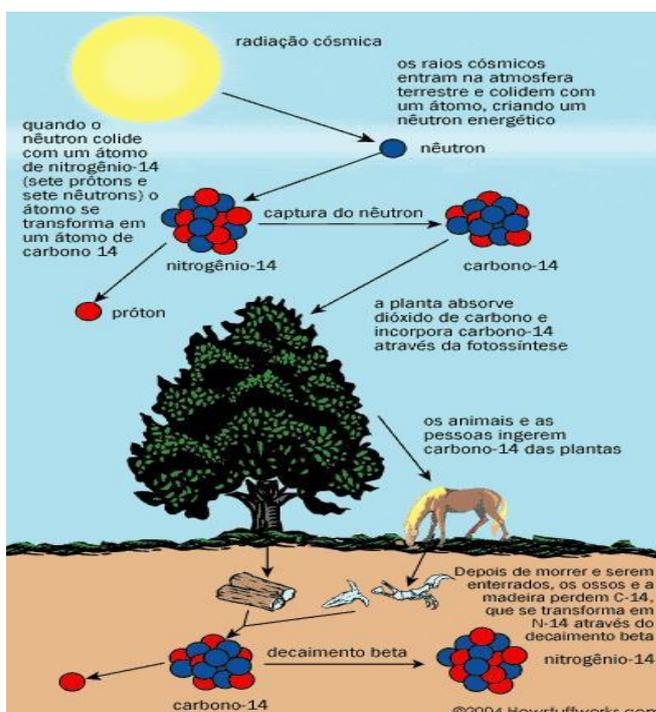
Através da interação desses raios cósmicos com os compostos da atmosfera terrestre, surgem bastantes radionuclídeos na estratosfera ou troposfera, como o trítio de massa-3 (^3H),

o carbono (^{14}C) e o cloro (^{36}Cl), os quais são utilizados na hidrologia para datação de águas subterrâneas (BUENO, 2007). A figura 4 exemplifica o processo de formação do carbono-14.

Mas, além dessa origem extraterrestre, os elementos radioativos também estão presentes na Terra desde seu processo de formação, quando se deu a origem do universo. Exemplo disso são os elementos radioativos de Urânio (U) e Tório (Th) presentes nas rochas ígneas (de origem vulcânica). Que após sofrerem os processos de intemperismo físico e químico, passam a circular nos diferentes processos biogeoquímicos se fazendo presente na água e solo, e consequentemente na composição química dos seres vivos.

Portanto, conforme Aquino e Aquino (2012), a exposição do homem as fontes naturais de radiações é inevitável, devido à distribuição de radionuclídeos na crosta terrestre e da intensidade das radiações cósmicas. Para se ter ideia, cerca de 70% da exposição são de radionuclídeos naturais são da série de Urânio e Tório, a exemplos das cidades brasileiras de Araxá e Poços de Caldas, em Minas Gerais, e Guarapari, no Espírito Santo, como lugares cuja taxa de radiação natural é considerada muito elevada (VASCONCELOS, 2010). Outro exemplo de como estamos cercados de fontes radioativas, ocorre quando estamos dentro de um apartamento ou mesmo uma casa, sobretudo fechado, cuja composição dos materiais de construção é de concreto, fonte de emissões de radiação gama e liberadores do gás nobre Radônio (FERREIRA, 2013).

Figura 4 – Processo de formação do Carbono-14.

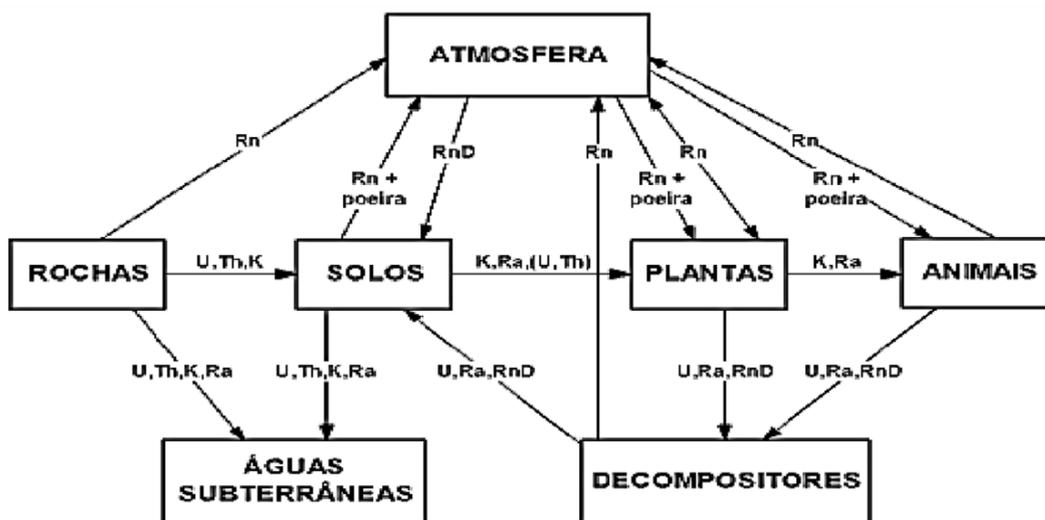


Fonte: Google Imagem, 2017.

Os radionuclídeos naturais por serem originados de fontes naturais e estão presentes em diferentes quantidades na natureza, seja nos organismos vivos devido à inalação e ingestão de alimentos e água (exposição interna) como também presente no solo, rochas e minérios, em especial nos materiais de construção (exposição externa) (FERREIRA, 2013). A figura 5 ilustra a dinâmica da circulação de alguns dos radionuclídeos primordiais nos diferentes compartimentos do ecossistema, que comprovam tamanha exposição aos elementos radioativos.

Já a Radioatividade Artificial pode ser compreendida como o processo de transmutação artificial através de bombardeio de átomos por partículas, sintetizados “[...] em pilhas atômicas, reatores atômicos e aceleradores de partículas” (HENEINE, 1991, p. 39). Embora a primeira transmutação artificial tenha sido realizada em 1919 por Rutherford ao transformar o nitrogênio-14 em artificial oxigênio-17, quem de fato conseguiu sintetizar o primeiro radionuclídeo artificial foi o casal Frédéric Joliot-Curie e Irène Joliot-Curie em 1934, ao sintetizarem o primeiro radioisótopo de fósforo-30 a partir do bombardeio de partícula alfa em folha de alumínio e boro (AQUINO; AQUINO, 2012). Tais descobertas viabilizaram o desenvolvimento dos radioisótopos hoje utilizados pela Medicina Nuclear em diferentes diagnósticos e tratamentos. O quadro 2 apresenta alguns dos radioisótopos mais comuns e presente circulante na natureza, seja ele de origem natural ou artificial.

Figura 5 - Trajetória dos radionuclídeos primordiais nos vários compartimentos do ecossistema.



Fonte: Mazzilli, Máduar e Campos, 2011, p. 22.

Por Radioatividade Ambiental compreendemos ser um caminho possível para desmistificar as dificuldades dos estudantes em tentar compreender o conteúdo

Radioatividade ao situá-los quanto à presença dos elementos radioativos em diferentes espaços no meio ambiente. E, de algum modo, tentar fazê-los superar o medo em torno da Radioatividade, a qual deve ser temida quando má administrada para fins econômicos ou motivada por desentendimentos políticos-militares. Pois,

O homem e seu meio ambiente sempre estiveram sujeitos à radiação ionizante, sendo continuamente expostos à radiação proveniente do espaço (radiação cósmica), dos radionuclídeos presentes no solo (radiação terrestre ou radionuclídeos primordiais) ou em alimentos, água e ar por ele consumido.

A liberação de materiais radioativos, decorrente de atividades antropogênicas, como utilização de reatores nucleares e testes de explosões nucleares, pode eventualmente contribuir elevando os níveis de radioatividade no meio ambiente e aumentando a dose de radiação dos indivíduos expostos, atingindo valores que podem ser considerados significativos (MAZZILLI; MÁDUAR; CAMPOS, 2011, p. 14).

Tendo isso em vista, a interferência do homem nos ecossistemas naturais tem proporcionado o aumento da concentração de radionuclídeos devido às suas atividades socioeconômicas, sejam elas: decorrentes de testes nucleares, acidentes, descarte irregular do lixo atômico, exploração de minérios com fontes radioativas, intensificação dos radionuclídeos cosmogênicos sobre a Terra em razão dos danos à camada de ozônio e etc. Como também da percepção da conexão dessas atividades com os ciclos naturais dos elementos químicos, expondo-nos cada vez mais a maiores concentrações de radionuclídeos naturais por deslocar suas fontes, em geral, para fazer uso deles na construção civil.

Desta forma, ao explorarmos essa articulação (radioatividade natural e artificial) em sala de aula estaremos colaborando para desmistificar a ideia de que a Radioatividade é apenas maléfica ou utilizada para fins bélicos com algumas aplicações, trata-se de um novo olhar sobre algo que desavisadamente negligenciamos por medo.

Com isso em mente, esperamos que futuramente os processos formativos a ser ministrado para os cursos de Licenciatura das Ciências Naturais (Biologia, Física ou Química) contribuam, especialmente, para que os futuros professores estejam abertos para explorar esse novo olhar sobre essa temática tão temida em prol da fuga da mesmice em sala de aula.

Quadro 2 – Descrições de alguns radioisótopos encontrados na natureza.

GRUPOS	RADIOISÓTOPOS	APLICAÇÕES NA NATUREZA
Ametais	^3H	O hidrogênio, em geral, não existe naturalmente na forma livre como um gás, porém encontra-se combinado com outros elementos como a H_2O e NH_3 .
	^{14}C	Está presente no ar e na água distribuído uniformemente pela biosfera. Como por exemplo: ^{14}C e CO_2 .
	^{32}P	Pouco abundante na natureza, mas em alta concentração nos tecidos biológicos de plantas e animais de água doce.
	^{131}I	Presente por todo ecossistema, o iodo entra facilmente nos sistemas biológicos, sendo utilizado para produção de hormônios pela glândula tireoide. Também presente nos organismos dulciaquícolas e marinhos, tais como peixes e algas, considerados os maiores absorvedores do iodo ambiental.
Metais Alcalinos	^{40}K	Sua concentração pode aumentar à medida que se aplica potássio estável no solo através de fertilizantes, e assim ser absorvido pelas plantas. Dada sua distribuição homogênea e abundância, o ^{40}K é responsável por 14% da exposição dos seres vivos à radiação gama natural.
	^{87}Rb	Dentro do corpo, pode substituir quimicamente o potássio. É encontrado em alta concentração na rocha granito.
	^{137}Cs	Sua produção é decorrente de resíduos de reatores nucleares. O céσιο pode se acumular nas plantas por adsorção foliar, deposição atmosférica ou "uptake" radicular. Nos animais a irradiação ocorre por ingestão, inalação e adsorção ou absorção superficial. Na cadeia alimentar ele é bioacumulativo.
Metais Alcalinos Terrosos	^7Be	Radionuclídeo natural originado das radiações cosmogênicas pelo processo de espalação de núcleos leves presentes na atmosfera, tais como carbono, nitrogênio e oxigênio. A maior parte do berílio é formado na estratosfera. Ele está associado às partículas de aerossóis as quais se remetem ao óxido de berílio (BeO) e hidróxido de berílio ($\text{Be}(\text{OH})_2$).
	^{40}Ca	Apesar de ser um elemento abundante na biosfera, a produção do radioisótopo ^{40}Ca é insignificante e não chega a ser um risco radiológico. Podendo ser encontrado em tecidos biológicos de diversos seres vivos, e em diferentes rochas.
	^{90}Sr	Não existe na natureza, pois é proveniente da fissão do urânio e do plutônio, o qual ocorre nos reatores nucleares e nas explosões de bombas atômicas.
	^{140}Ba	O bário radioativo é proveniente da fissão nuclear entra na cadeia alimentar por meio da deposição foliar e inalação.
	$^{226}\text{Ra}, ^{228}\text{Ra}$	O rádio aparece raramente sozinho na natureza. Ele é formado a partir do decaimento de urânio e/ou tório. Sendo assim, todos os minerais e rochas que contêm isótopos naturais de urânio e tório, consequentemente apresenta quantidades mensuráveis de rádio.
Gases Nobres	$^{220}\text{Rn}, ^{222}\text{Rn}$	O radônio é um gás inerte de maior número atômico. Na natureza esse gás é liberado de rochas e se difunde pelas fraturas, sendo transportado pela água e pelo ar.

Fonte: Elaboração da Autora com base em Aquino e Aquino (2012), Dayah (1997), e Mazzilli, Máduar e Campos (2011).

Quadro 2 – Descrições de alguns radioisótopos encontrados na natureza (continuação).

GRUPOS	RADIOISÓTOPOS	APLICAÇÕES NA NATUREZA
Metais Pesados	^{51}Cr	O cromo não é considerado um elemento essencial na fisiologia dos organismos vivos. Ele é muito usado como um traçador científicos .
	^{54}Mn	O manganês está presente na crosta terrestre, não é encontrado na sua forma pura, contudo faz parte da composição de mais de cem minérios. Como, por exemplo, a pirolusita (MnO_2), a rodocrosita (MnO_3) e a braunita ($\text{Mn}^{2+} \text{MnO}^{3+}_6$)(SiO_{12}).
	^{55}Fe , ^{58}Fe	O ferro é um metal de transição mais abundante da crosta terrestre, encontrado em meteoritos e em numerosos minerais, tais como a hematita ($\text{Fe}_2 \text{O}_3$), a magnetita (Fe_3O_4) entre outros.(tabela)
	^{60}Co	O cobalto não é encontrado em seu estado natural, mas combinado em diversos minerais, sendo considerado um elemento traço no meio ambiente.
	^{65}Zn	O zinco está presente em baixa concentração na biosfera é considerado um elemento essencial para o crescimento e utilizado como um traçador em estudos biológico.
	^{210}Pb	Embora o elemento chumbo esteja presente em toda a biosfera, o seu radioisótopo Pb-210 é oriundo da atmosfera e litosfera pelo decaimento do radônio-222. No ambiente, o elemento se desloca pelo ar podendo ser inalado.
	^{210}Po	Naturalmente radioativo, é um elemento raro na natureza presente em minérios de urânios e pedras de granitos das profundezas da Terra.
Actinídeos	^{234}U , ^{235}U , ^{238}U	O urânio é o elemento que normalmente se acumula nos solos e sedimentos, e expõe os seres vivos a radiação natural por processos geológicos, por exemplo, erosão e, poucas vezes, lixiviação. Ele encontra-se no estado sólido a temperatura ambiente.
	^{232}Th	O tório é formado pelo bombardeamento do urânio com nêutrons. E encontrado em quantidades pequenas na maioria das rochas e solos.

Fonte: Elaboração da Autora com base em Aquino e Aquino (2012), Dayah (1997), e Mazzilli, Máduar e Campos (2011)

CAPÍTULO 2 - PERCURSO METODOLÓGICO

Mais do que ter um conjunto teórico consistente que fundamente nossas ações, a escolha e organização dos procedimentos para realizar a pesquisa, assim como o procedimento analítico, também são importantes. Nesse momento, apresentamos o percurso metodológico realizado antes, durante e após a formação no âmbito da Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) *campus* Recife, quanto à influência da introdução de conteúdo Radioatividade Ambiental nas concepções dos licenciandos sobre Radioatividade, e possíveis desdobramentos na prática pedagógica dos sujeitos envolvidos na pesquisa.

2.1. Abordagem, tipo e fases da pesquisa

Diante da necessidade de compreender as concepções dos licenciandos e o contexto de onde se deu a formação sobre a Radioatividade Ambiental, como uma nova alternativa para o Ensino de Radioatividade nas aulas de Química, enxergamos a necessidade da adoção de uma abordagem qualitativa. Segundo Chizzotti (2003), esta abordagem busca encontrar o sentido do fenômeno em foco à luz da interpretação dos significados dado pelos sujeitos pesquisados.

Para atendermos aos objetivos da pesquisa, encontramos afinidade com a concepção de pesquisa-ação apresentada por Thiollent (2005), o qual afirma ser um tipo de pesquisa social associada a uma ação ou resolução de um problema de interesse coletivo dentro de uma ação cooperativa entre o pesquisador e os sujeitos pesquisados.

Segundo Tripp (2005), as fases da pesquisa-ação são: planejar, agir, descrever e avaliar, as quais estiveram presentes na atuação da pesquisadora antes, durante e após as atividades em sala de aula. Foram feitas observações de aula e interlocuções com os licenciandos do começo ao fim do semestre, e de modo mais intenso no momento da formação sobre o uso da Radioatividade Ambiental, apresentada como alternativa ou complementação para contextualizar e ampliar a visão sobre Radioatividade a ser ensinada por eles enquanto futuros professores de Química.

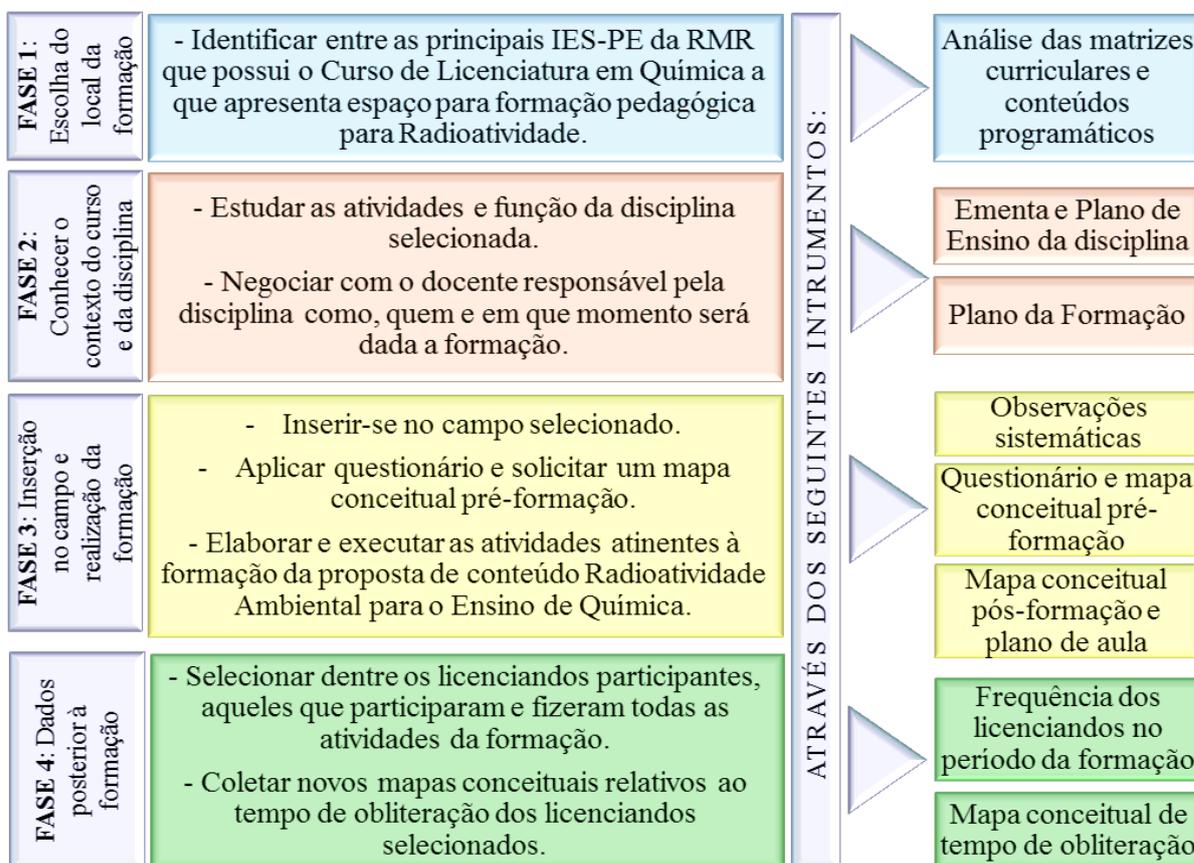
Neste sentido, Franco (2005) menciona que a pesquisa-ação viabiliza movimentar os conhecimentos coletivos dos sujeitos da pesquisa a cada ação desenvolvida pelo pesquisador, buscando construir novos conhecimentos e reformulando aqueles anteriormente já

apreendidos – um princípio atinente à Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Além disso, este modo particular da pesquisa-ação necessita que o pesquisador disponibilize de tempo para:

[...] construir a intimidade e um universo cognitivo mais próximo; para barreiras e resistências serem transformadas; para apreensão de novos fatos e valores que emergem de constantes situações de exercício do novo; para reconsiderações de seus papéis profissionais e elaboração das rupturas que emergem, para o imprevisto e o recomeço (FRANCO, 2005, p. 493).

Sendo assim, dentre as etapas da pesquisa, acreditamos que o período de observação, negociação das atividades da formação, construção do primeiro mapa conceitual e aplicação do questionário foram suficientes para nos inserirmos no campo da pesquisa (sala de aula) até o momento da formação propriamente dita. Dando segurança, inclusive, para reunir alguns licenciandos mesmo após esse período (tempo de obliteração) para realizarmos a última coleta de dados. A figura 6 ilustra as fases da pesquisa e os respectivos instrumentos utilizados e negociados, sendo este último referente ao plano de formação.

Figura 6 – Fases da pesquisa e os instrumentos utilizados.



Fonte: Elaboração da Autora, 2016.

Na primeira fase, selecionamos o local onde ocorreu a formação analisando as matrizes curriculares de Cursos de Licenciatura em Química (CLQ) e os conteúdos programáticos previstos no Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de cada instituição relativos à formação em Radioatividade (ver apêndice A). O que foi feito com expectativa de encontrar uma Instituição de Ensino Superior do Estado de Pernambuco (IES/PE) da Região Metropolitana do Recife (RMR) que possuísse espaço para formação pedagógica relacionada ao conteúdo citado (ver apêndice A).

Em seguida, foi contatado o docente formador da IES selecionada (UFRPE) para fazer a proposta da formação em Radioatividade Ambiental, a qual foi aceita. Para inserirmos a formação no cronograma de atividades, solicitamos ao docente a ementa e plano de ensino da disciplina do semestre de 2016.1. Com base no estudo desses documentos, apresentamos ao docente nosso plano da formação (ver apêndice B) e negociamos desde as atividades a serem realizadas bem como as datas da formação a ser ofertada (ver anexo A).

A terceira fase corresponde ao início das atividades da disciplina selecionada, na qual realizamos observações sistemáticas até o momento da formação (ver apêndice C). Além disso, no período de inserção aplicamos o questionário de perfil aos licenciandos (ver apêndice D) e solicitamos que eles elaborassem um mapa conceitual individual sobre a temática Radioatividade.

Ainda nessa fase, foi realizada a formação propriamente dita, na qual foram elaborados mapas conceituais coletivos antes e depois da apresentação das informações relativas à Radioatividade Ambiental, culminando em dois novos dados de análise: um novo mapa conceitual individual logo após a formação, e um plano de aula elaborado individualmente que deveria envolver o conteúdo Radioatividade. Todas essas atividades foram realizadas mediante concordância dos sujeitos envolvidos (docente e licenciandos) via Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ver apêndice E e F)

E, por fim, após alguns meses, selecionamos os licenciandos, que elaboraram os mapas conceituais individual, o plano de aula e os que participaram desde o primeiro até o último encontro da formação. Entramos em contato com estes para marcamos um novo encontro, para que assim elaborassem um novo mapa conceitual (mapa conceitual de tempo de obliteração). Todos os mapas e planos de aulas aqui analisados encontram-se nos anexos B e C, respectivamente.

Levando em consideração esses aspectos, entendemos que traçamos um caminho seguro e que possibilitou ser o mais fiel possível com os objetivos traçados para esta pesquisa, na qual a continuação apresentamos com maiores detalhes características de cada fase.

2.2. Escolha e caracterização do local da pesquisa

A escolha do local de pesquisa se deu após a análise documental das matrizes curriculares e dos conteúdos programáticos das disciplinas relacionadas à temática Radioatividade das tradicionais IES/PE localizadas na RMR, e que ofertam o CLQ, a saber: Universidade Federal de Pernambuco *campus* Recife (UFPE), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) *campus* Recife e Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP).

Fizemos isso buscando entender como ocorre o processo formativo relacionado ao conteúdo Radioatividade, em especial, aqueles direcionados à formação pedagógica, ou seja, relativo ao Ensino de Radioatividade. Para isso recorreremos junto às matrizes curriculares de cada curso disciplinas que abordem a temática Radioatividade seja na forma de disciplina teórica¹³ e/ou pedagógicas; para, em seguida, observamos os tópicos dos conteúdos presentes no PPC solicitadas via *e-mail* do curso ou *site* da Instituição de Ensino Superior do Estado de Pernambuco (IES-PE).

Diante disso, categorizamos as diversas formas de inserção desta temática nas disciplinas conforme a natureza (pedagógica e/ou teórica) e nível de dedicação (parcial ou exclusiva) de acordo com a lista de conteúdo, e que estão discriminadas no quadro 3 e em maiores detalhes no anexo A.

Das três universidades, a UFRPE se destaca por abordar a temática tanto em termos teóricos (em Química L1) quanto no âmbito da prática de ensino (em Prática Pedagógica no Ensino de Química I – PPEQ I), mesmo ocorrendo após um hiato de um ano de formação teórica. Ao passo que na UFPE existem duas disciplinas de natureza teórica, sendo a Radioatividade em uma delas abordada de modo parcial e outra numa disciplina optativa, ou seja, não obrigatória e sem nenhuma relação com a formação pedagógica; e na UNICAP há uma disciplina obrigatória teórica sem apontamentos para as questões pedagógicas.

Sobre a disciplina dessa última universidade, esta apresenta no seu quadro de conteúdos programáticos a Radioatividade Natural. Entretanto, apesar de sua aproximação com a proposta desta pesquisa (Radioatividade Ambiental), devido à ausência de elementos que apontem ser esse espaço também dedicado à formação pedagógica, optamos por realizar nossa

¹³ As disciplinas teóricas também entraram na análise em decorrência da possibilidade delas possuírem carga horária para a Prática como Componente Curricular, a depender da forma como a IES interpretou a resolução que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena (BRASIL, 2002). Segundo Moreira (2017), esta componente dos cursos de formação de professores tem por finalidade à formação da prática pedagógica da qual todos os docentes de um curso de licenciatura devem contribuir, o que inclui os docentes das disciplinas de conteúdos específico-teóricos que podem orientar, por exemplo, sobre questões relacionadas à transposição didática dos conteúdos escolares.

investigação na UFRPE por ela tanto apresentar espaço para formação teórica quanto da prática de ensino. Além disso, a disciplina de PPEQ I da UFRPE busca retomar os conteúdos específicos da Radioatividade vistas parcialmente no primeiro período do curso – tal afirmação é feita visto que está última se constitui como pré-requisito para a PPEQ I. Observação adquirida da matriz do curso.

Quadro 3 - Distribuição das disciplinas para formação em Radioatividade de algumas IES/PE.

NATUREZA E NÍVEL DE DEDICAÇÃO AO TEMA RADIOATIVIDADE	UFPE (Recife)	UFRPE (Recife)	UNICAP
Apenas como um dos conteúdos de uma disciplina obrigatória teórica	Ligação Química e Estrutura Curricular (3º período)	Química L1 (1º período)	-
Apenas como um dos conteúdos de uma disciplina obrigatória pedagógica	-	Prática Pedagógica no Ensino de Química I (4º período)	-
Disciplina obrigatória teórica	-	-	Físico-Química III (7º período)
Disciplina optativa teórica	Proteção Radiológica (sem período)	-	-

Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

Sendo assim, podemos afirmar que este primeiro passo foi importante para se conhecer o cenário dos processos formativos para Radioatividade no âmbito dos CLQ ainda que limitadas às IES-PE da RMR, e assim selecionarmos o melhor contexto para realizarmos a nossa formação e pesquisa.

2.2.1. A disciplina de Prática Pedagógica no Ensino de Química I (PPEQ I)

Pertencente às 400 horas de Prática como Componente Curricular exigida pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica (BRASIL, 2002), a disciplina PPEQ I é uma disciplina de 60 horas obrigatória do 4º período. Tem como pré-requisito a aprovação na disciplina Química L1 pertencente ao 1º período. As

aulas ocorrem, geralmente, nas segundas (20h10min às 21h50min) e quartas-feiras (18h30min às 20h10min) para ambos os turnos do curso (vespertino e noturno), ao menos no período em que ocorrer a pesquisa.

Ao lermos a ementa da disciplina de PPEQ I da UFRPE, observamos que na verdade se trata de tópicos que compõem os conteúdos a serem ensinados, conforme se pode ler no trecho extraído do *site* do curso:

A disciplina Química na Educação Básica – princípios e bases curriculares. Prática pedagógica e prática docente: o papel do professor nos processos de ensino aprendizagem de Química. Aspectos conceituais, didáticos e pedagógicos do conteúdo químico e as concepções informais dos estudantes. Resolução de Problemas no ensino de química. *Aspectos conceituais, didáticos e pedagógicos do conteúdo de:* ligações químicas; modelos atômicos e *radioatividade*; substâncias e materiais. *Estratégias para o ensino de* ligações químicas, modelos atômicos e *radioatividade*, substâncias e materiais: elaboração de problemas e situação problema (grifos nossos. Disponível em: <<http://lq.ufrpe.br/content/ementas-e-programas-das-disciplinas>>, p. 69. Acesso em: 06 set. 2016).

Percebemos que ao mencionar serem explorados na formação os aspectos conceituais, didáticos e pedagógicos do Ensino de Radioatividade, busca fazer isso com base na história da Radioatividade, dificuldade no ensino-aprendizagem e análises de estratégias didáticas para o Ensino de Radioatividade. Estas estratégias são baseadas no ensino por problemas e na utilização de vídeos e de recursos computacionais, conforme está previsto no conteúdo programático do plano de ensino do professor (ver anexo A).

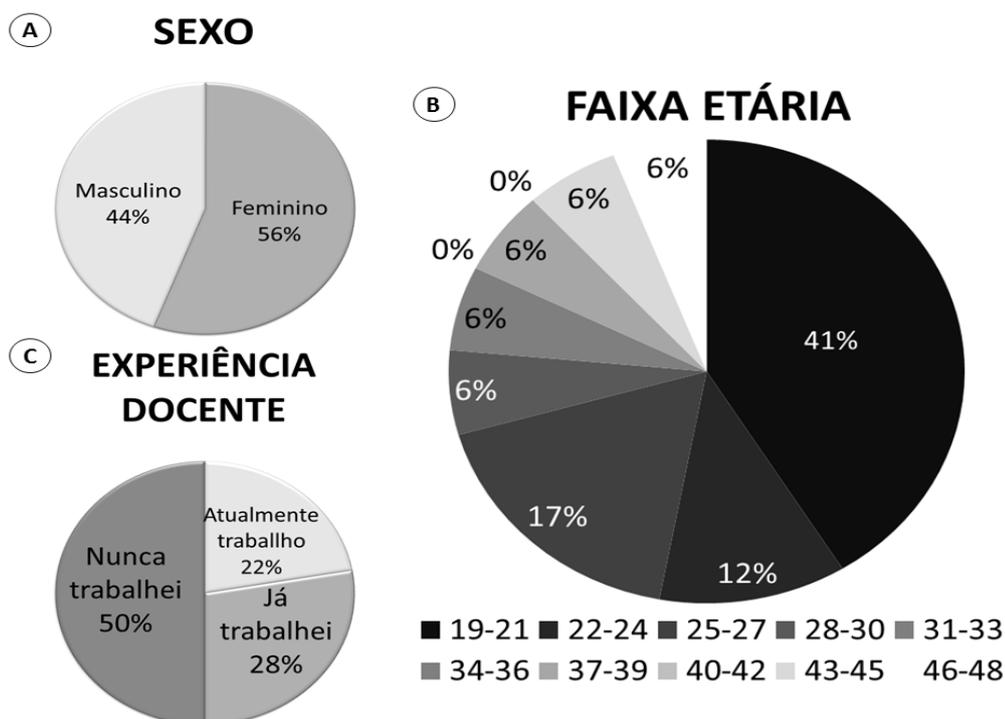
Após negociarmos com o docente responsável pela disciplina PPEQ I as datas da formação em Radioatividade Ambiental, o docente contribuiria com a formação relacionada aos mapas conceituais (aula 1, 4, 7 e 12), Teoria da Aprendizagem Significativa (aula 12), realização do caso simulado envolvendo o episódio do acidente com o Césio-137 (aula 26) e história da Radioatividade (aula 27) – temas já previstos no planejamento antes de negociarmos a formação. Já a pesquisadora, autora desta dissertação, esteve encarregada da formação atinente à Radioatividade Ambiental realizadas nas aulas 28, 29, 30 e 32. Um quarto dia de intervenção surgiu como necessidade para solicitarmos um último mapa individual e os planos de aulas. Agindo desta maneira, acreditamos ter adquirido uma maior adesão do docente de forma ativa, o qual abriu espaço da sua disciplina para realizarmos nossa pesquisa.

2.3. Perfil dos licenciandos de PPEQ I e seleção da amostra de pesquisa

Inicialmente haviam vinte e um estudantes matriculados na disciplina, porém no decorrer do semestre três alunos deixaram de fazer parte da amostra pelos seguintes motivos: não respondeu ao questionário (L10), não elaboraram o mapa individual antes (L3) ou depois (L5) da formação em Radioatividade Ambiental. Porém, estes continuaram com sua codificação em razão de terem participado de outras atividades da formação, influenciando os demais colegas, sobretudo, na atividade da produção coletiva do mapa conceitual após a formação em Radioatividade Ambiental.

Assim, os dados de identificação a seguir são referentes aos 18 sujeitos que compõem nossa amostra inicial, cujas informações foram obtidas via questionário de perfil (ver Apêndice D) aplicado no dia 25 de abril de 2016. Algumas dessas informações encontram-se resumidas no gráfico 1.

Gráfico 1 – Perfil dos licenciandos quanto ao sexo (A), faixa etária (B) e experiência docente (C).



Fonte: Elaboração da Autora, 2016.

Em depoimento, o docente da disciplina revelou que ele havia acompanhado cerca de 50% dos licenciandos em Química LI durante o 1º período, fato confirmado através do questionário. A exceção de um sujeito que não informou sua idade, a faixa etária predominante do grupo está entre 19 a 21 anos de idade com média de 27,8 anos. A maioria

dos licenciandos participantes da pesquisa é do sexo feminino (56%) e com nenhuma experiência profissional como professor (50%).

Em relação aos que possuem experiência docente, 28% disseram já terem trabalhado como professor; enquanto que 22% alegaram estarem trabalhando como professor naquele período. O tempo de experiência informado varia desde aqueles que possuem menos de um ano (quatro licenciandos), entre 3 a 5 anos (dois licenciandos), e mais de 10 anos de atividade como professor (três licenciandos).

A turma de PPEQ I de 2016.1 chegou ao final do semestre com 21 licenciandos, os quais receberam um código alfanumérico: L1, L2, L3 e assim por diante. Desse total, notamos que a frequência desse grupo ao longo do período oscilava bastante, com raros episódios de turma completa. A tabela 1 ilustra a frequência dos licenciandos ao longo de todo o processo da pesquisa e o grupo ao qual fazem parte.

Tabela 1 – Frequência dos licenciandos ao longo das etapas da pesquisa em 2016 e seus respectivos grupos.

Código	06/04/2016 1º Mapa Individual	25/04/2016 Questionário	13/06/2016 1º Mapa Coletivo	15/06/2016 Radioatividade Ambiental	20/06/2016 2º Mapa Coletivo	27/06/2016 2º Mapa Individual	27/06/2016 Plano de aula	03/10/2016 Obliteração	Grupo
L1	X	X	X	-	X	X	X	-	II
L2	X	X	X	X	-	X	-	-	III
L3	-	X	X	X	-	X	-	-	-
L4	X	X	X	-	X	X	-	-	II
L5	X	X	X	X	X	-	-	-	-
L6	X	X	X	X	X	X	-	-	IV
L7	X	X	X	-	-	X	-	-	I
L8	X	X	X	X	X	X	X	-	IV
L9	X	X	-	X	X	X	-	-	IV
L10	X	-	-	X	X	X	-	-	-
L11	X	X	X	X	-	X	-	-	III
L12	X	X	-	X	-	X	-	-	III
L13	X	X	X	X	X	X	X	X	V
L14	X	X	X	-	X	X	X	-	II
L15	X	X	X	-	X	X	X	-	II
L16	X	X	X	X	X	X	X	X	V
L17	X	X	X	X	X	X	X	X	V
L18	X	X	X	X	-	X	-	-	III
L19	X	X	X	-	X	X	-	-	II
L20	X	X	X	-	-	X	-	-	I
L21	X	X	X	X	X	X	-	-	IV
Total	22	21	18	14	16	20	7	3	18

Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

Para contornar esta situação, selecionamos àqueles que obrigatoriamente responderam ao questionário, e elaboraram os mapas conceituais individuais antes e depois da formação em Radioatividade Ambiental.

Daqueles que compõem nossos sujeitos de pesquisa, observamos que estes poderiam ser agrupados conforme a sua participação ou não na formação em Radioatividade Ambiental. O quadro 4 apresenta as características dos grupos e os licenciandos que os compõem.

Organizando desta forma, se tornou viável o acompanhamento das atividades de produção coletiva, o tempo de exposição e contato com a nova informação, no caso a Radioatividade Ambiental, podem influenciar na aprendizagem do sujeito a ponto deste apresentar ou não mudanças na sua estrutura cognitiva validando nossa formação.

Quadro 4 – Caracterização dos grupos de sujeitos formados.

GRUPO	CARACTERIZAÇÃO	LICENCIANDOS
I	Sujeitos isentos de qualquer informação sobre Radioatividade Ambiental, uma vez que não participaram da formação em Radioatividade Ambiental e nem da produção do Mapa Coletivo 2.	L7, L20
II	São pessoas que também não participaram da formação em Radioatividade Ambiental, mas estiveram em contato com informações sobre esse tema por terem participado do momento da produção do Mapa Coletivo 2. Ou seja, tiveram acesso as informações sobre Radioatividade Ambiental através dos colegas durante a produção do Mapa Coletivo 2.	L1, L4, L14, L15, L19
III	Participaram da formação em Radioatividade Ambiental, mas não fizeram o Mapa Coletivo 2. Ou seja, o licenciando não participou da atividade de socialização das novas informações e, assim reorganizar a sua estrutura cognitiva com o auxílio de outras pessoas.	L11, L12, L18
IV	Participaram da formação em Radioatividade Ambiental, podendo ser dispensado da produção do Mapa Coletivo 1, mas não fizeram o Mapa Conceitual de Tempo de Obliteração.	L2, L6, L8, L9, L21
V	Envolve aqueles que, além de participar de todas as etapas e tarefa durante o período da formação em Radioatividade Ambiental, disponibilizaram-se a fazer um novo mapa conceitual individual tempos após esta formação, ou seja, fizeram o Mapa Conceitual de Tempo de Obliteração.	L13, L16, L17

Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

Para a presente pesquisa consideramos como amostra final os três licenciandos que compõem o grupo V, pelo fato de terem participado de todo o processo formativo: desde o questionário até o período de obliteração, os quais foram denominados L13, L16 e L17.

Por este motivo serão apresentados os resultados referentes aos 3 questionários, aos 3 planos de aulas e aos 9 mapas (3 de cada estudante). No total cada estudante construiu 3 mapas, sendo o primeiro antes, o segundo durante e o terceiro três meses após a formação (período de obliteração).

Quanto ao perfil da amostra, os três são alunos regulares do curso e nunca atuaram como professores profissionalmente. L13 é do sexo feminino e possui 19 anos de idade, enquanto L16 e L17 são do sexo masculino, com idades, respectivamente, de 21 e 19 anos.

2.4. Instrumentos de pesquisa dos dados

Segundo Brito e Feres (2011), os instrumentos de pesquisa precisam atender aos objetivos elencados para se alcançar a uma resposta mais precisa ao questionamento levantado. Portanto, os instrumentos de pesquisa, além de serem suficientes na obtenção de informação necessária à investigação, precisam ser complementares.

Sumariamente, esta pesquisa apresenta três momentos: um antes, durante e depois da formação para os licenciandos em PPEQ I em Radioatividade Ambiental. Em cada momento diferentes instrumentos e técnicas para obter os dados da nossa pesquisa.

A formação objetivava, além de apresentar uma nova possibilidade para o Ensino de Radioatividade por meio do tema Radioatividade Ambiental, sensibilizar os licenciandos para o fato da Radioatividade se tratar de uma propriedade da matéria que naturalmente se encontra disponível no ambiente. E de posse dessa informação eles poderiam conceber situações de ensino cientes de que estamos imersos nesse fenômeno para melhor contextualizar as aulas, devido à falta de atividades experimentais a ser feita em sala de aula da Educação Básica decorrentes da periculosidade envolvida.

Em diferentes momentos da pesquisa, a técnica de elaboração de mapas conceituais foi utilizada como uma das formas de obter dados para nossa análise das concepções dos licenciandos sobre Radioatividade de modo mais esquemático. E, assim, observarmos os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa alegada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (MOREIRA; MANISINI, 1982).

A formação surgiu de uma negociação com o docente da disciplina de PPEQ I, meses antes de iniciar o semestre de 2016.1, a qual teve por base o plano de ensino do mesmo. No que resultou na disponibilidade de três encontros para a realização da formação sobre Radioatividade Ambiental, a qual foi registrada tanto por meio fotográfico quanto em áudio.

O primeiro momento da formação ocorreu no dia 13 de junho de 2016, antes disso havíamos realizado observações sistemáticas, solicitado um mapa conceitual individual e aplicado o questionário para obter o perfil da turma. Iniciamos este encontro esclarecendo sobre as finalidades daquela formação ser conduzida pela pesquisadora e não pelo docente.

Na sequência, realizamos uma exposição dialogada sobre o Ensino de Radioatividade, a qual foi finalizada com um momento de tempestades de ideias em torno da palavra “Radioatividade”. Nessa dinâmica, contamos com a participação de três licenciandos presentes para escrever no quadro palavras ditas pela turma e por eles sobre Radioatividade.

Após isso, tentamos esclarecer possíveis dúvidas conceituais sobre Radioatividade ao revisar os conteúdos de Radioatividades (acionar os conhecimentos prévios) e dialogar sobre as dificuldades que envolvem o ensino do mesmo.

Na sequência, cada discente recebeu de volta o seu mapa conceitual sobre Radioatividade previamente construído à formação (06 de abril de 2016) para a elaboração do primeiro mapa conceitual coletivo, com bases nas informações dos mapas de cada membro do grupo. Esta atividade tinha por função fazer com que os licenciandos resgatassem e revisassem junto com os demais colegas e a pesquisadora o máximo de informação sobre Radioatividade. Importa destacar que L3, embora não tenha feito o mapa individual previamente, foi incluído a uma das equipes para que assim pudessem interagir com os demais colegas no decorrer da aula.

Nessa atividade, a turma foi dividida em quatro grupos (dois com quatro e cinco integrantes) identificados por Alfa (α), Beta (β), Gama (γ) e Raio-X (X), e posteriormente apresentaram à turma os mapas construídos. Para essa atividade os licenciandos receberam um *kit* conceitual (ver apêndice G). Este *kit* era composto por palavras extraídas dos primeiros mapas conceituais individuais consideradas pertinentes, e outras complementares relacionadas à temática Radioatividade, de modo que os auxiliassem no momento da construção do mapa coletivo; além de papel com espaço em branco para inserir palavras que não estivessem no *kit*.

Também solicitamos aos licenciandos seus *e-mails* pessoais para que enviássemos o livro “Radioatividade e meio ambiente: os átomos instáveis da natureza” de Aquino e Aquino (2012), e “Radioatividade no meio ambiente e avaliação de impacto radiológico ambiental” de Mazzilli, Máduar e Campos (2011) como leitura complementar a ser feita em casa para o segundo encontro. Solicitamos a leitura, em especial os capítulos (3, 4 e 5) do primeiro material, e o capítulo “Fontes naturais de radiação” do segundo, os quais são direcionados a Radioatividade Ambiental. Finalizamos este encontro oferecendo como lanche fatias de bolo de banana, o qual foi utilizado intencionalmente como estratégia didática, a qual seria discutida no próximo encontro.

No segundo dia de formação, realizado no dia 15 junho de 2016, abordamos o tema chave da pesquisa: a Radioatividade Ambiental. A apresentação iniciou com uma indagação para os estudantes por meio de duas imagens (uma paisagem de um meio natural e outra de um centro urbano), com a finalidade de promover uma discussão e entendimento neles sobre o “meio ambiente”.

Após refletirmos sobre as imagens e o conceito de “meio ambiente”, iniciamos uma aula expositiva e dialogada sobre Radioatividade Ambiental tomando como eixos norteadores a

presença dos radionuclídeos na água, no solo, ar e alimento, a qual teve por base o material que os discentes receberam por *e-mail*.

Novamente finalizamos nosso encontro oferecendo como lanche fatias de bolo de banana. Mas, nesse momento enfatizamos o radioisótopo ^{40}K presente na banana e explicando que na falta de atividades experimentais, a Radioatividade Ambiental possibilita reunir elementos que servem inicialmente para ilustrar o quanto estamos expostos às radiações do tipo α , β e γ . E que estas podem ser utilizadas, por exemplo, como parâmetros para analisar a presença dos radioisótopos em diferentes ambientes, e que devemos distingui-las da Radioatividade Artificial potencialmente perigosa para humanidade e o meio ambiente, no geral, devido aos ciclos da matéria.

No terceiro encontro, o qual foi realizado no dia 20 de junho de 2016, solicitamos que os licenciandos relembrassem o que já havíamos discutidos nos últimos encontros, então solicitamos que novos grupos fossem elaborados para que montassem um novo mapa conceitual coletivo, levando em consideração as novas informações apresentadas.

Novamente foram formados quatro grupos α , β , γ e Raio-X, sendo necessário inserir os integrantes L1, L4, L14, L15 e L19 que faltaram na formação no dia 15 de junho, para que pudessem se socializar com os demais colegas sobre o que foi discutido anteriormente, não deixando de participar da atividade do dia. Com isso, os integrantes L4 e L19, que compareceram no terceiro encontro, e que originalmente são do grupo gama na primeira produção coletiva, foram deslocados para outros grupos onde, pelo menos, houvesse um integrante que tenha participado da formação no segundo encontro. A tabela 2 ilustra a distribuição dos licenciandos no primeiro e segundo momento da produção dos mapas conceituais coletivos.

É importante ressaltar que em virtude do tempo que os licenciandos levaram para montar o segundo mapa conceitual coletivo, havíamos nos planejado para depois que eles individualmente fizessem um novo mapa, e apenas entregassem o plano de aula com a temática Radioatividade no dia 27 de junho de 2016, encerrando nossa participação na disciplina. No entanto, a inserção dos colegas que não participaram da formação em Radioatividade Ambiental fez com que os demais buscassem, durante boa parte da atividade, apresentar explicações para estes colegas, algo também solicitado à pesquisadora quando requisitada sua ajuda, sobre alguns pontos discutidos no encontro anterior.

Tabela 2 – Distribuição dos licenciandos nas produções de mapas conceituais coletivos.

GRUPOS	1^o MAPA COLETIVO (13 junho de 2016)	2^o MAPA COLETIVO (20 junho de 2016)
Alfa (α)	L6, L15, L16, L17, L20	L4, L6, L15, L16, L17
Beta (β)	L5, L7, L8, L18	L2, L5, L8, L9, L10
Gama (γ)	L2, L3, L4, L19	-
Raio-X (X)	L1, L11, L13, L14, L21	L1, L13, L14, L19, L21
TOTAL	18	14

Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

Em razão disso, e já ciente de que L3, L5 e L10 não poderiam compor a amostra da pesquisa, optamos por mudar nosso planejamento. Deixamos como atividade para casa a elaboração do plano de aula, conforme havíamos nos programado, com expectativa de que a perspectiva ambiental de algum modo se fizesse presente, sobretudo, daqueles que participaram da formação no dia 15 de junho de 2016.

Para que pudéssemos ter o segundo mapa conceitual individual, tivemos que solicitar ao docente a aula do dia 27 de junho de 2016, a qual ocorreu após segunda verificação de aprendizagem (2^a V.A.). Com o consentimento do docente, além de recolhermos os planos de aulas (inclusive dos que faltaram, pois estes serviriam como complemento à nota da disciplina), conseguimos assegurar que os possíveis sujeitos da amostra da pesquisa não utilizassem nenhum material de consulta para realizar tal tarefa.

E após três meses, conseguimos entrar em contato com L2, L6, L8, L13, L16, L17 e L21 para nos encontrarmos na universidade e, assim, solicitar uma última vez que elaborassem um mapa conceitual sobre Radioatividade. Devido ao fator tempo envolvido, este tipo de mapa costuma ser denominado de mapa conceitual de tempo de obliteração. No entanto, apenas três deles compareceram.

Em respeito aos sujeitos de nossa pesquisa e também por uma questão ética, solicitamos a autorização para uso das informações recolhidas dos envolvidos mediante Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento (TCLE) tanto para os licenciandos (Apêndice E) como para o docente (Apêndice D).

2.4.1. Análise documental

Além de fornecer ao pesquisador informações suficientes para efetuar algumas inferências pertinentes à pesquisa, a análise documental também permite ao pesquisador evitar desperdiçar tempo numa abordagem direta com os sujeitos da pesquisa (GIL, 2002). Foi pensando nisso que solicitamos aos licenciandos um plano de aula para o conteúdo Radioatividade.

Com esta solicitação, tínhamos a expectativa de que a informação sobre Radioatividade Ambiental de algum modo se fizesse presente na situação pedagógica por eles elaborada, ainda que nem todos os sujeitos da pesquisa tenham feito. Mesmo sabendo que esta atividade seria utilizada pelo docente como parte da avaliação, recebemos de um universo de 21 licenciandos apenas 7 (sete) planos de aula: três deles são do Grupo II, três do Grupo V e um do Grupo IV.

Esclarecemos que também procedemos à análise documental da Ementa e Plano de Ensino do docente à disciplina PPEQ I de 2016.1. Isto porque nossa intenção com estes documentos foi apenas de melhor entendermos o contexto do curso e os propósitos da disciplina, o que foi feito no item 2.2 e 2.2.1.

2.4.2. Observação de aula

Segundo Alves-Mazzotti e Gewandsnajder (2000), um dos instrumentos comuns às pesquisas qualitativas, além da entrevista e questionário, é a observação. Isto porque através desta técnica é possível ao pesquisador aplicar os seus sentidos sobre o objeto ou fenômeno em estudo em busca de certos acontecimentos específicos. Aqui, no caso, de informações dadas pelo docente sobre as instruções e uso dos mapas conceituais, e da própria Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, da qual a pesquisadora foi convidada em alguns momentos a fazer suas contribuições.

As observações foram do tipo semiestruturada (OLIVEIRA, 2005) mediante o auxílio de uma ficha de observação (ver apêndice C), a qual visa obter informações sobre a dinâmica das aulas e as estratégias de ensino utilizadas pelo formador, bem como os aportes teóricos utilizados alusivos ao Ensino de Radioatividade e demais temas que o docente poderia contribuir com a pesquisa. Também buscamos tomar nota das opiniões dos licenciandos nesses momentos de aula, quando necessário.

2.4.3. Mapas conceituais

Diante dessas considerações, fizemos uso de mapas conceituais como instrumentos de nossa pesquisa em todas as suas fases: antes, durante e depois da formação em Radioatividade Ambiental. Isto porque temos a intenção de analisar como a representação dos licenciandos em Química sobre Radioatividade é afetada pela introdução das novas informações dadas na formação em termos de diferenciação e reconciliação integrativa.

Segundo Valério (2013), existe alguns passos que o professor da área das Ciências Naturais deveria seguir e que são imprescindíveis, a saber: preparar os estudantes; criar mapas individuais simples primeiro; revisar os mapas em pequenos grupos; discussão de classe inteira de certas partes dos mapas dos grupos. Alguns desses procedimentos foram adotados, em razão do docente da disciplina PPEQ I durante as aulas aula 1, 4, 7 e 12 já ter treinado com os licenciandos a técnica de elaboração de mapas. Coube à pesquisadora inserir durante a formação a dinâmica de elaboração de mapas em grupo.

Além das produções durante o período da formação, optamos por entender com a nova informação se acomodou na estrutura cognitiva dos licenciandos tempos após à sua apresentação. Ou seja, como o fator de obliteração citada na teoria de Ausubel afetou a acomodação das informações dadas sobre Radioatividade Ambiental na estrutura cognitiva.

Para isso, selecionamos 7 (sete) licenciandos (L2, L6, L8, L13, L16, L17 e L21) haviam participado na íntegra de todo processo formativo que culminou com a entrega do segundo mapa conceitual individual e plano de aula, conforme demonstra a tabela 1. E após aproximadamente 3 (três) meses, convocamos esses sete sujeitos para nos reencontrarmos e, assim, coletarmos o último mapa conceitual referente ao tempo de obliteração. Entretanto, no dia combinado apenas 3 (três) deles compareceram (L13, L16 e L17).

Para os demais que não puderam comparecer (L2, L6, L8 e L21), tentamos marcar outros dois encontros dentro e fora do ambiente acadêmico, mas infelizmente não obtivemos êxito. Especialmente, devido à suspensão das aulas ocorridas em decorrência do movimento grevista docente e também estudantil, que chegou a ocupar o prédio onde ocorriam as aulas do CLQ, durante meados finais do ano de 2016. Entretanto, devido ao fato de apenas três licenciandos terem elaborado o mapa conceitual de tempo de obliteração (Grupo V), optamos por analisar seus mapas conceituais à parte daqueles que participaram até a formação (Grupos I, II, III e IV). Todos os mapas conceituais foram reconstruídos por meio do *software* Cmap Tools®, o qual auxilia na construção de mapas conceituais gráficos.

2.5. Análise dos dados

Os dados obtidos nos mapas conceituais e planos de aula foram submetidos à análise de conteúdo de Bardin (1994), que é composto pelos momentos de pré-análise, exploração do material (codificação e categorização), tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Segundo Moraes (1999, p. 8), “[...] a análise de conteúdo constitui uma metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos”, auxiliando na reinterpretação das “mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum”.

2.5.1. Análise dos mapas conceituais

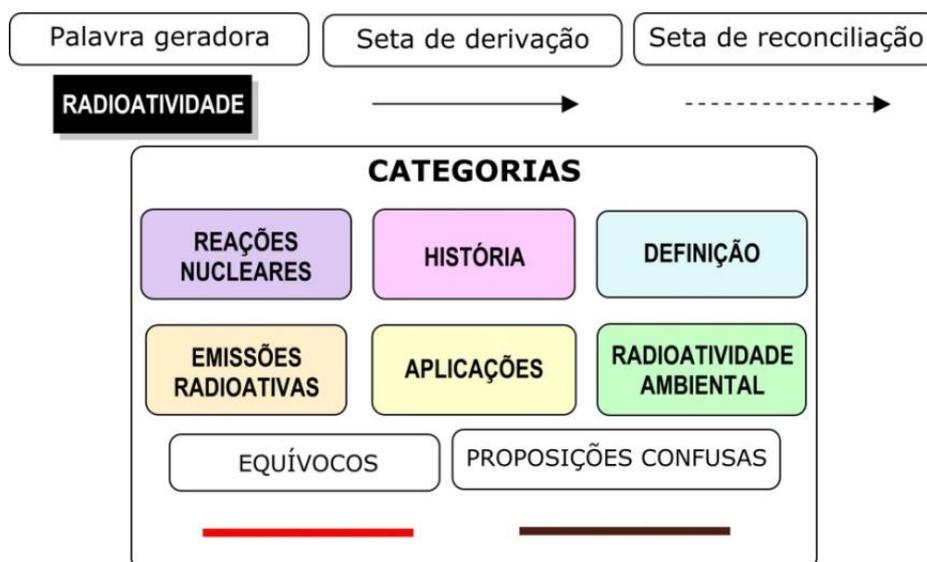
Em geral, os mapas conceituais são compostos por uma rede de relações de conceitos inscritos em balões interligados por uma linha contendo frases de ligação/proposição/conectivo que juntos formam proposições. As proposições são compostas por dois ou mais termos conceituais unidos pelos conectivos formando uma unidade semântica (NOVAK; GOWIN, 1988), o que viabiliza realizarmos a Análise de Conteúdo da Laurence Bardin (1994).

Para que isso fosse possível, reconstituímos os mapas dos licenciandos por meio do *software Cmap Tools*®. Porém, ressaltamos que tal postura foi adotada apenas para melhor representação, visualização e organização dos mapas conceituais, cuja palavra geradora foi “Radioatividade”. Os quais podem ser verificados na íntegra no Anexo B.

Durante esse processo já iniciamos por fazer uma leitura geral de cada mapa antes e durante o processo de reconstituição, os quais também foram sinalizados com cores diferentes os conceitos relacionados a cada categoria. Em seguida, os mapas foram organizados no programa *PowerPoint 2007*® da *Microsoft Office* para demarcarmos as áreas de equívocos e de proposições confusas. A figura 7 indica as cores e os elementos constituintes dos mapas, os quais também são alusivos às categorias.

Frisamos que nesse processo de reconstituição buscamos respeitar a estrutura montada pelos licenciandos corrigindo, quando necessário, eventuais erros ortográficos para evitar constrangimento. Por outro lado, mantivemos nessa reconstituição as ausências de conectivos entre um conceito e outro.

Figura 7 – Constituintes da análise dos mapas conceituais reconstituídos.



Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

A palavra “Radioatividade” foi a geradora de muitos ramos, os quais foram categorizados em:

- “Definição” (Def. - azul): reúne informações que indicam os elementos que perpassam pela definição de Radioatividade, como a noção de emissões oriundas do núcleo atômico instável natural ou artificial.
- “Historia” (His - rosa): inclui nomes de personagem da história da Radioatividade, bem como os acidentes nucleares, e o lançamento das bombas atômicas no Japão, as descobertas realizadas e outros.
- “Emissões Radioativas” (EmR. - laranja): agrupa os conceitos que comentam sobre as radiações alfa, beta e gama.
- “Reações Nucleares” (RNc. - roxo): envolve o conjunto de informações relativos à fissão, fusão, decaimento e transmutação nuclear.
- “Aplicações” (Apl. - amarelo): compreende os conceitos relativos às mais diversas aplicações das emissões radioativas.
- “Equívocos” (Equ. - contorno vermelho): demarca as áreas onde são detectadas mal-entendido seja na pertinência da proposição como um todo ou de um conceito específico.
- “Proposições confusas” (PCo. - contorno marrom): delimita as regiões onde as proposições estabelecidas são de difícil compreensão, a tal ponto que impossibilitou-nos de realizarmos algum tipo de inferência.

A categoria “Radioatividade Ambiental” (RAm. - verde) é relativa ao tema da formação e, portanto, representa a nova informação, podendo ser encontrada nos primeiros mapas ao citarem algum nome de elemento químico naturalmente encontrado no meio ambiente, como menções às radiações cósmicas.

E após ter classificado os conceitos encontrados em todos os mapas, efetuamos a quantificação das categorias, e seguimos para a fase de análise qualitativa com base nos teóricos aqui apresentados.

Na sequência, comparamos os mapas de cada sujeito para identificar os processos de diferenciação progressiva (aprendizagem subordinada) e reconciliação integrativa (aprendizagem superordenada e combinatória).

2.5.2. Análise dos planos de aulas

Dos planos de aula aqui analisados, buscamos averiguar a situação pedagógica que os licenciandos do Grupo V imaginaram, ou seja, o contexto por eles idealizados que envolvem: o tema da aula, o público-alvo e o tempo disponível para a realização da aula. Logo após, buscamos compreender os sentidos dos objetivos por eles elaborados, para então avaliarmos os conteúdos e os procedimentos metodológicos e avaliativos envolvidos.

Fizemos isso, na tentativa de encontrar indícios da inserção da Radioatividade Natural articulada com os elementos da Radioatividade Artificial, ou seja, se nesses planos de aulas dos futuros professores de Química a articulação que compõe a Radioatividade Ambiental se faz presente e como a mesma é incorporada numa situação didática planejada.

CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes de prosseguirmos as análises dos mapas conceituais e dos planos de aulas, convém comentar sobre o desenvolvimento das atividades da formação e, assim, situar as dificuldades envolvidas numa pesquisa que envolve uma ação direta e de longo prazo como convém à pesquisa-ação, e para que a apresentação dos resultados faça sentido dentro do contexto formativo que se desenrolou.

Com base no plano de aula elaborado pelo docente José Augusto (nome fictício) de PPEQ I direcionamos os encontros sobre Radioatividade Ambiental. No quadro 5 é possível observar alguns espaços na cor cinza, eles representam as aulas mais relacionadas com o tema da formação. A pesquisadora esteve presente na maioria das aulas, cooperando nos dias que o mesmo abordou os conteúdos de aprendizagem significativa e mapas conceituais. Enquanto os espaços em cinza mais escuro representa os dias da formação em Radioatividade Ambiental.

Quadro 5 – Plano de Ensino de PPEQ I efetivamente realizado para o semestre de 2016.1.

MÊS	Nº DA AULA	DATA	TEMA DA AULA E CONTEÚDO
MARÇO	1	09/03	Apresentação do professor e dos estudantes, definição dos critérios de avaliação, discussão da ementa, introdução aos mapas conceituais.
	2	14/03	Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), PCN+ e Orientações Curriculares Nacionais (OCN). <i>Atividade:</i> leitura e discussão em sala de aula. Prepara um mapa conceitual relacionando os três parâmetros, destacando habilidades, competências, níveis de representação do conhecimento químico e os conteúdos disciplinares e interdisciplinares.
	3	16/03	PC do Estado de Pernambuco. <i>Atividade:</i> Leitura e discussão em sala de aula. Resenha crítica entre a proposta do Estado e os PCN. Em que pontos convergem? Quais as diferenças? É viável a aplicação nas escolas de Pernambuco?
	4	21/03	Saberes docentes e Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK). <i>Atividade:</i> Leitura e discussão em sala de aula. Preparar um mapa conceitual sobre os saberes docente, os espaços/tempo onde são construídos, sua importância para a formação do professor e uma auto-análise sobre seus saberes
	5	23/03	Concepções alternativas. <i>Atividade:</i> Leitura e discussão em sala de aula. Pesquisar outras concepções e propor como trabalhá-las.
	6	28/03	Inovação no Ensino de Química. <i>Atividade:</i> Leitura e discussão em sala de aula.
	7	30/03	Evolução histórica dos Modelos Atômicos. <i>Atividade:</i> Leitura e discussão em sala de aula. Preparar um mapa conceitual sobre a evolução dos modelos propostos e suas inter-relações.
ABRIL	8	04/04	Dificuldades no ensino-aprendizagem de Modelos Atômicos
	9	06/04	Modelos e analogias para o Ensino de Modelos Atômicos <i>Atividade:</i> Construir modelos para o átomo. Solicitação dos mapas conceituais sobre Radioatividade.

Fonte: Elaboração da Autora com base no cronograma da disciplina.

Quadro 5 – Plano de Ensino de PPEQ I efetivamente realizado para o semestre de 2016.1 (continuação).

MÊS	Nº DA AULA	DATA	TEMA DA AULA E CONTEÚDO
ABRIL	10	11/04	Documentário “Química: uma história volátil” <i>Atividade:</i> Fazer uma análise do documentário e propor como utilizá-lo na sala de aula.
	11	13/04	Desenvolvimento histórico, dificuldades no ensino-aprendizagem e concepções alternativas de Ligações Químicas.
	12	18/04	Mapas conceituais e aprendizagem significativa.
	13	20/04	Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no Ensino de Ligações Químicas. <i>Atividade:</i> Explorar um <i>software</i> /aplicativo para o Ensino de Ligações Químicas.
	14	25/04	Debate: O Ensino de Modelos Atômicos e Ligações Químicas.
	15	27/04	Desenvolvimento histórico do conceito de Substâncias e Materiais
MAIO	16	02/05	1ª Verificação de Aprendizagem
	17	04/05	Dificuldades no ensino-aprendizagem e concepções alternativas de Substâncias e Materiais.
	18	09/05	Espaços não-escolares <i>Atividade:</i> Leitura e discussão. Aula na Praça Francisco Magalhães.
	19	11/05	Ensino de Química com enfoque CTS <i>Atividade:</i> Resenha crítica sobre o artigo. Respondendo as perguntas: O que é CTS? Como se elabora uma proposta CTS? Quais os elementos constituintes? Qual o diferencial em relação ao Ensino Tradicional?
	20	16/05	Experimentação problematizadora (discussão teórica). <i>Atividade:</i> Propor uma aula prática problematizadora.
	21	18/05	Experimentação problematizadora (aula prática)
	22	23/05	Atividades lúdicas no Ensino de Substâncias (discussão teórica)
	23	25/05	Atividades lúdicas no Ensino de Substâncias (preparação de jogos)
	24	30/05	Atividades lúdicas no Ensino de Substâncias (apresentação dos trabalhos)
JUNHO	25	01/06	Casos simulados <i>Atividade:</i> Desenvolver um caso simulado na sala.
	26	06/06	Caso simulado Césio 137
	27	08/06	Desenvolvimento histórico da Radioatividade.
	28	13/06	Radioatividade Ambiental (parte 1): Problematização da temática Radioatividade
	29	15/06	Radioatividade Ambiental (parte 2): Discussão sobre a Radioatividade ambiental no ar, água, solo e alimento.
	30	20/06	Radioatividade Ambiental (parte 3): Construção do mapa conceitual coletivo e apresentação do mesmo
	31	22/06	Discussão geral (2ª Verificação de Aprendizagem)
	32	27/06	Radioatividade Ambiental (parte 4): Elaboração do segundo mapa conceitual individual e entrega do plano de aula Data limite para a entrega ou envio por e-mail do plano de aula para o conteúdo Radioatividade
	33	29/06	Seminário grupo 1 e 2 (3ª Verificação de Aprendizagem)
JULHO	35	04/07	Seminário grupo 3 e 4 (3ª Verificação de Aprendizagem)
	36	06/07	Avaliação Final

Fonte: Elaboração da Autora com base no cronograma da disciplina.

No primeiro dia de aula (09 de março de 2016), houve a apresentação do professor e estudantes, definição dos critérios de avaliação, discutiu a ementa e fez uma introdução sobre

mapas conceituais. Além disso, o docente apresentou a pesquisadora e explicou que ela participaria de algumas aulas até o fim de semestre em razão de sua pesquisa do mestrado.

No decorrer da aula, o docente desenhou no quadro um mapa conceitual sobre a disciplina PPEQ I, sendo esse termo a palavra geradora. Ele explicou para os licenciandos que para elaborar um mapa conceitual seria necessário existirem conectivos. Assim, o docente deu informações preliminares acerca dos mapas conceituais.

A partir daí ele, nas próximas aulas, constantemente incentivava os licenciandos a construir mapas conceituais acerca dos temas abordados em cada aula. Esse tipo de apoio deu suporte para as futuras aulas do mesmo, bem como para a pesquisadora, pois ela objetivou desde o início da pesquisa utilizar essa ferramenta com os licenciandos.

Assim, os discentes ficaram familiarizados com essa técnica, o que facilitou a elaboração dos mapas conceituais no período de formação sobre Radioatividade Ambiental. Inclusive, porque no dia 06 de abril de 2016 solicitamos, parte da aula foi voltada para que os licenciandos elaborassem o primeiro mapa conceitual sobre Radioatividade.

E, na décima segunda aula (18 de abril de 2016), o docente da disciplina abordou sobre duas temáticas importantes, mapas conceituais e aprendizagem significativa. Enquanto que nas aulas dos dias 06 e 08 de junho de 2016, o docente, após discutir em sala de aula sobre a estratégia do caso simulado, discutiu, respectivamente, como poderia ser realizado um caso simulado envolvendo o acidente com o césio-137 em Goiânia e sobre o desenvolvimento histórico da Radioatividade.

A partir dessas atividades, acredita-se que os licenciandos tenham construído algum conhecimento prévio que poderia ser pertinente para a formação em Radioatividade Ambiental. Durante essas aulas, a pesquisadora foi convidada pelo docente da disciplina para participar da discussão, uma vez que, essas temáticas fazem parte de sua pesquisa.

No primeiro dia da formação (13 jun. 2016), iniciamos pelas apresentações das atividades que seriam realizadas bem como dos objetivos. E após esse momento de formalidades, iniciamos com a dinâmica da tempestade de ideias, cujas palavras foram escritas no quadro conforme ilustra a figura 8.

Nota-se que as palavras escritas representam imagens sobre a Radioatividade quanto: personagens (Marie Curie e Rutherford) e fatos históricos (acidentes radioativos como o corrido no estado de Goiás, e bombas atômicas); exemplos de elementos radioativos (urânio, carbono-14, césio-137); informações sobre a estrutura atômica (átomo, núcleo, elétrons, prótons, nêutrons); as emissões radioativas (núcleo de hélio, alfa, beta, gama, partícula, onda, instabilidade); reações nucleares (fissão, fusão, Sol, meia-vida); aplicações (produção de alta

ferramenta favorável. Também notamos alguns equívocos que foram esclarecidos após as apresentações dos mapas, como a consideração do Raio-X ser um tipo de emissão radioativa.

No segundo encontro (15 de junho de 2016), introduzimos teórica e pedagogicamente a Radioatividade Ambiental, começando por problematizar o conceito de meio ambiente dos licenciandos com duas imagens (uma paisagem de uma floresta e outra de uma avenida de uma cidade movimentada). Ao serem indagados quais das imagens representavam o conceito de meio ambiente, os licenciandos responderam que ambas as imagens possuíam tal função.

Revelando certa afinidade com a concepção defendida pelos Temas Transversais (BRASIL, 1998, p. 227), o qual entende por ambiente “[...] não apenas o entorno físico, mas também os aspectos sociais, culturais, econômicos e políticos inter-relacionados”. Tal resposta serviu-nos de indicativo útil para o fundamento da Radioatividade Ambiental, já que a mesma se ampara na interação dos radionuclídeos naturais e artificialmente produzidas circularem no meio ambiente (SILVA et al, 2017). E que foi apresentada de forma expositiva e dialogada enfatizando a circulação dos diferentes radionuclídeos nos diversos compartimentos do ecossistema, disponibilizando inclusive materiais para consulta como de Aquino e Aquino (2012) e do Mazzilli, Máduar e Campos (2011).

No terceiro encontro (20 de junho 2016), propomos que os licenciandos novamente se reunissem em grupo para construir novos mapas coletivos após exposição sobre Radioatividade Ambiental, a qual introduzia elementos mais detalhados da Radioatividade Natural e a interação com os elementos artificiais.

Esse novos mapas coletivos, embora ainda apresentassem alguns equívocos, como a relacionada ao Raio-X ser uma emissão radioativa e serem as usinas quem produzem as bombas atômicas, notamos que o número de reconciliações e de ramificações aumentou extraordinariamente. Sinalizando que o processo formativo auxiliou na reorganização das concepções dos envolvidos. Quanto aos elementos da formação como radiação cósmica e radionuclídeos naturais nesse segundo momento não foram adicionados ao *kit* conceitual, bem como a manutenção do conceito “Raio-X”, propositalmente para saber se e como a nova informação seria incluída. E infelizmente, diferentemente dos demais grupos, os que organizaram o mapa do grupo X não incluíram nenhum conceito discutido na formação.

Diante desta nova situação, dialogamos com os licenciandos sobre os equívocos identificados no momento da apresentação dos novos mapas coletivos, onde foi feita sugestões como à consulta do material indicado para revisitarem suas concepções sobre Radioatividade e para que os mesmos pudessem elaborar um plano de aula. Além disso, notamos que os conceitos envoltos da Radioatividade classicamente trabalhada em sala de

aula, os estudantes passaram a reconhecer conceitos antes não observados nos primeiros mapas coletivos, como decaimento e transmutação nuclear.

Diante do tempo investido para realizarmos os diálogos sobre a relação entre a Radioatividade Ambiental e os conceitos que precisavam ainda ser reajustados a partir das apresentações dos novos mapas coletivos, solicitamos ao docente de PPEQ I um quarto encontro para coletarmos o segundo mapa conceitual individual e os planos de aula. Tal petição foi aceita e realizada após a 2ª Verificação de Aprendizagem, onde também foi acertado o uso das avaliações dos planos a serem entregues ao docente e assim compusessem como nota complementar da disciplina.

Dessa experiência formativa, valemo-nos dos princípios do diálogo e discussões acerca dos próprios conhecimentos dos licenciandos e das novas informações por nós apresentadas. Verificamos que, conforme o desenvolvimento das atividades, as novas necessidades que emergiam da pesquisa-formativa, como tempo adicional e esclarecimentos dos equívocos repetidos e observadas nos mapas coletivos, apontam ter sido a proposta potencialmente significativa capaz de provocar a reorganização das estruturas cognitivas.

Cientes do contexto das atividades formativas, passaremos a discutir apenas sobre os resultados referentes às produções individuais dos licenciandos enquadrados no Grupo V (L13, L16, e L17). Diante desse processo, não levamos em consideração as produções coletivas, pois não configuram como material de análise. A análise seguirá a seguinte sequência: mapas pré e pós-formação; planos de aula e mapas de obliteração.

3.1. O conteúdo dos mapas conceituais pré e pós-formação

De acordo com David Ausubel (1982) o conhecimento prévio, denominado por ele de subsunçor, remete a um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva do aprendiz que serve de ponto de ancoragem para uma nova informação, permitindo ao indivíduo atribuir-lhe significado.

Desse modo, o conhecimento sobre Radioatividade aprendido em QLI é retomado em PPEQ I junto aos tópicos mapa conceitual e a aprendizagem significativa. Esses temas foram fundamentais para que os licenciandos interagissem com as informações da formação sobre Radioatividade Ambiental em 2016.1. Isto porque estudar ou produzir um mapa conceitual proporciona ao estudante não só o entendimento dos conceitos e a explorar as interligações,

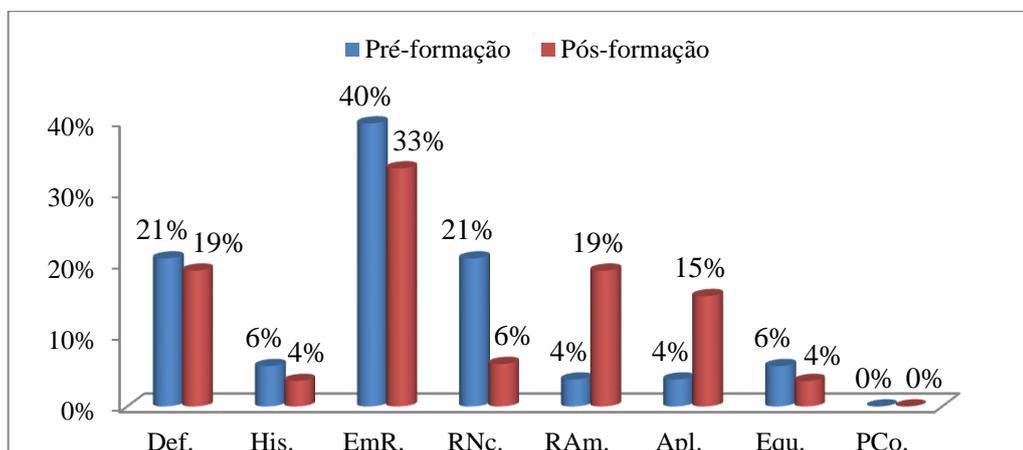
bem como poderá proporcionar a percepção de lacunas e, assim, procurar por materiais instrucionais, que no nosso caso havíamos indicado. Este processo dinâmico facilita a construção de significados sobre o conteúdo que está sendo estudado.

A solicitação de um mapa conceitual antes do processo formativo se deve ao interesse em conhecermos previamente a estrutura cognitiva dos licenciandos sobre Radioatividade. A qual é fruto de suas experiências na Educação Básica, graduação, especialmente no primeiro período no componente em Química L1 (QL1), e, por certo, de outras fontes de informação como páginas da *Internet*, (tele)jornais, artigos científicos, livros e outras.

A partir da pré-análise, em especial, na fase de leitura exaustiva recomendada por Bardin (1994), de maneira geral os conceitos presentes nos primeiros mapas conceituais dos licenciandos do Grupo V (L13, L16 e L17) havia um maior número de conceitos referentes à categoria “Emissão Radioativa” (40%), seguida de “Definição” e “Reações Nucleares” (21% ambas as categorias). E no segundo momento, as categorias citadas acima tiveram algumas reduções percentuais, ao passo de que as categorias “Radioatividade Ambiental” e “Aplicações” tiveram um significativo aumento de elementos, conforme ilustra o gráfico 2.

Tais resultados gerais pós- formação eram de se esperar, uma vez que o primeiro contato com o conjunto teórico de Radioatividade tenha acontecido no primeiro período do curso a pouco mais de um ano e meio, sendo por isso necessário iniciar nossas atividades com uma revisão. E que estes licenciandos estavam pela primeira vez num espaço formativo discutindo sobre propostas pedagógicas para conteúdos teóricos anteriormente vistos. O que pode ser comprometedor para a articulação do conhecimento do conteúdo com o conhecimento pedagógico para compor o conhecimento pedagógico do conteúdo (BRAYNER-LOPES, 2015), em razão dessa distância temporal.

Gráfico 2 – Frequência relativa das categorias identificadas nos mapas pré e pós- formação do Grupo V.



Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

Especificamente, durante este processo de leitura exaustiva, notamos que todos os três mapas iniciais têm algo a dizer acerca da definição de Radioatividade, sendo L16 o que exibe mais elementos para tal conceituação, e a respeito das emissões radioativas, a qual foi ricamente detalhada por L17. Outro detalhe que se destaca é o mapa de L17 quem contempla quase todas as categorias se comparado com os de L13 e L16.

Após o processo formativo houve um aumento de 58,5% do número de conceitos, conforme sugere a tabela 3. Sinalizando terem ocorrido processos de aprendizagem subordinada, assim considerada por ser o processo pelo qual os novos conceitos ou proposições interagem com uma ideia particular pré-existente mais inclusiva de modo significativo (MOREIRA; MANSINI, 1982).

Tabela 3 – Distribuição da quantidade dos conceitos em diferentes categorias presentes nos mapas pré (A) e pós-formação (B) em Radioatividade Ambiental.

CATEGORIA	L13		L16		L17		TOTAL	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Definição	3	2	6	9	2	5	11	16
História	3			2		1	3	3
Emissões Radioativas	4	7	4	9	13	12	21	28
Reações Nucleares		1	6	2	5	2	11	5
Radioatividade Ambiental		7		1	2	8	2	16
Aplicações		1		1	2	11	2	13
Equívocos	1	1		1	2	1	3	3
Proposições confusas							0	0
TOTAL	11	19	16	25	26	40	53	84

Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

Mesmo havendo um aumento no número de conceitos relativos à “Definição” tal como ilustra a tabela 3, sua representação percentual mostrada no gráfico 2 sugere que houve uma leve redução percentual, sugerindo existir a manutenção de certas estruturas conceituais.

Além disso, dessa tabela, podemos inferir que L13 é o único que apresenta informações históricas referentes aos acidentes em Chernobyl e de Goiânia com o Césio-137 no mapa A. Em contrapartida, nos mapas pós-formação L16 e L17 exibem informações históricas, respectivamente, sobre personagens históricos e também Chernobyl, e L13 não mais.

Em termos de “Reações Nucleares”, os sujeitos L16 e L17 demonstram certo conhecimento do assunto, ao passo que L13 não apresenta nenhuma evidência referente a esta categoria no primeiro mapa. Tal situação muda quando observamos que o número de elementos conceituais de L16 e L17 reduz e L13 exibe, pela primeira vez, um único conceito.

De acordo com a definição da categoria “Radioatividade Ambiental” adotada, identificamos indícios dela no mapa A de L17 quanto à menção do urânio e o reconhecimento da ocorrência da fusão na estrela Sol, mas sem evidenciar relações com os diferentes compartimentos dos ecossistemas ou mesmo dos efeitos das radiações artificiais no meio ambiente como fora explorado na formação em PPEQ I.

Quanto à categoria “Aplicações”, tanto L13 como L16 não expuseram elementos sobre quaisquer usos das emissões radioativas, tal fato só ocorreria no segundo momento após formação. Ao passo que L17 inicialmente informa sobre as usinas nucleares e bombas atômicas, e depois amplia para outras aplicações. Destacando-se também o fato de que algum momento todos cometeram alguns equívocos.

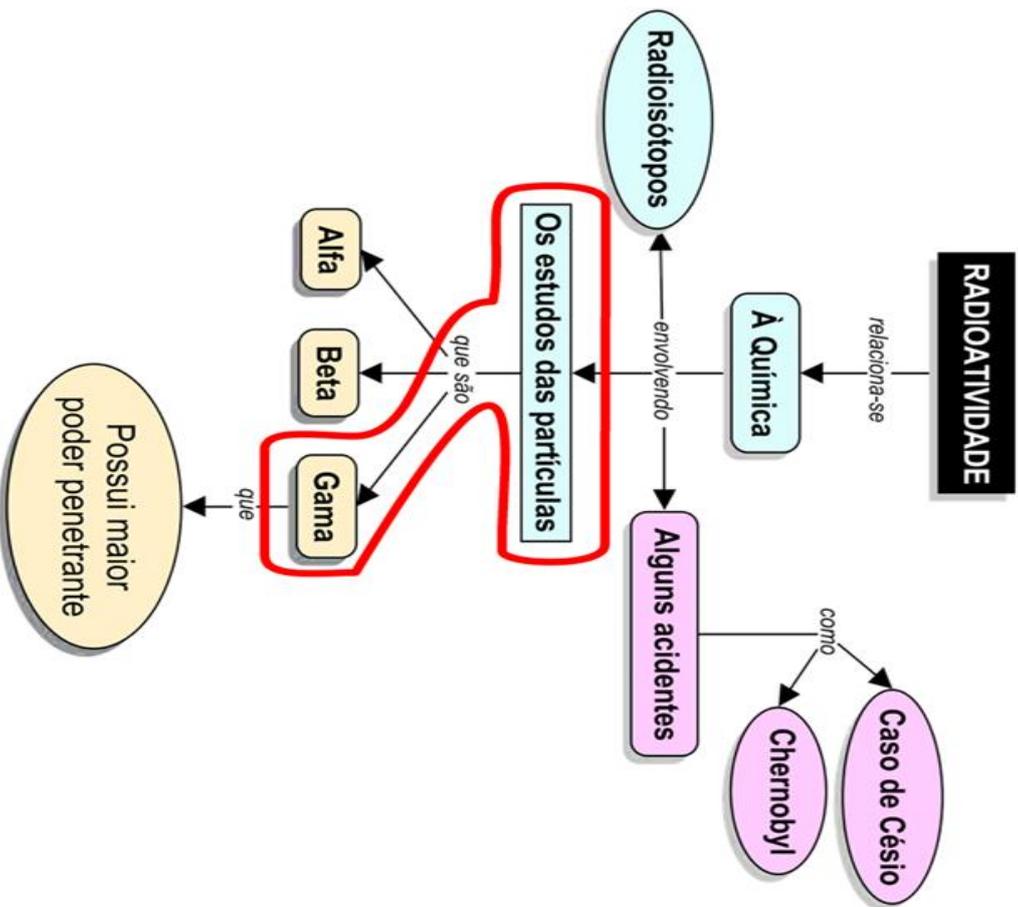
Esses preâmbulos quantitativos dos mapas conceituais via análise de conteúdo permitiu avaliar as principais categorias/temas presentes nos mapas conceituais. No entanto, um olhar qualitativo é preciso para complementar e, assim, compreender como os elementos localizados modificaram-se após os licenciandos serem expostos à nova informação, e como esta é incorporada a estrutura cognitiva. A começar pelos mapas conceituais elaborados por L13, presentes na figura 9.

No primeiro mapa, notamos que a Radioatividade para L13 é algo que mantém algum tipo de relação com a Química ao estudar algumas partículas, radioisótopos e acidentes nucleares. Ao passo que no segundo mapa, os conceitos referentes à categoria definição mantêm basicamente a mesma estrutura, tendo sido incorporado novos conceitos (onda eletromagnética e partículas) subordinados ao conceito de “Radiação”, evidenciando um claro discernimento antes não observado quanto à natureza da partícula gama.

Um fato que merece destaque é a apresentação do conceito de “Radioisótopo” que, outra vez, é exibido de forma desconexa, ou melhor, sem envolver maiores significados. O que evidencia uma aprendizagem receptiva do licenciando, pois apenas a incorporou de maneira passiva ao não tratá-la como informação relevante (MOREIRA; MANSINI, 1982).

Fato interessante é que L13 foi o único a mencionar elementos históricos no primeiro mapa, citando os casos de Chernobyl e o acidente envolvendo o césio-137 em Goiânia, que são os casos mais citados pelos livros didáticos como um fato contextualizado com implicações sócio histórica significativa (TENÓRIO et al, 2015). Sendo este tema a última atividade docente momentos antes da Formação em Radioatividade Ambiental.

L13 – MAPA A



L13 – MAPA B

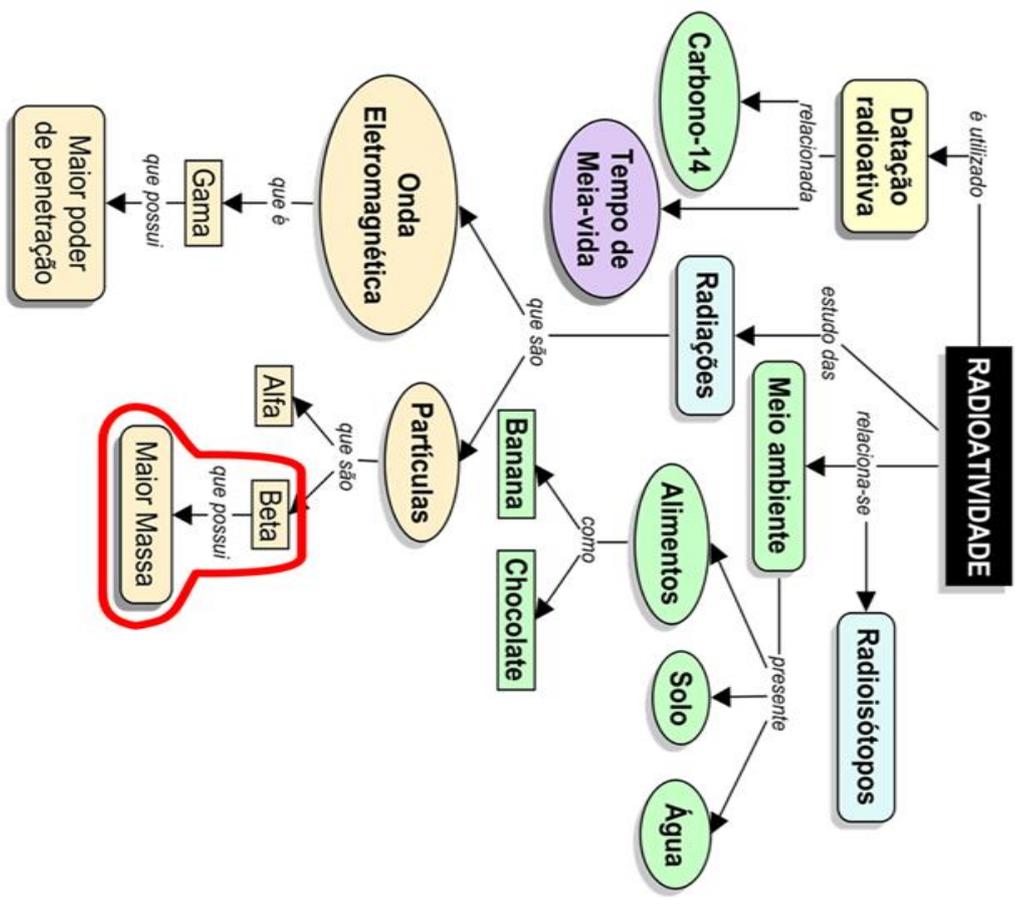


Figura 9 – Mapas conceituais pré (A) e pós-formação (B) de L13.

Fonte: Artefato da pesquisa reelaborado pela Autora com o auxílio do Cmap Tools®.

Após o processo formativo, L13 deixa de fazer menção de elementos históricos, muito embora durante a revisão tenhamos feito comentários de alguns aspectos históricos para além de acidentes, e mesmo antes da formação quando o docente tratou especificamente desta temática. E também presentes no material indicado para leitura, sugerindo que a mesma não realizou as leituras sugeridas como a de Aquino e Aquino (2012).

Quanto às radiações, considera equivocadamente a radiação eletromagnética gama como uma radiação particulada, embora, acertadamente tenha afirmado ser ela a que possui o maior poder de penetração (ATKINS; JONES, 2012). Em termos de emissões, L13 claramente corrige sua compreensão sobre a natureza da radiação gama, mantendo a mesma estrutura observada no seu primeiro mapa, agora mais diferenciada por ter sido incorporada novos conceitos (onda eletromagnética e partículas) subordinados ao conceito de “Radiação”, e superordenado aos conceitos de “alfa”, “beta” e “gama”. Entretanto, no novo mapa descreve a radiação beta como a que possui maior massa, quando, na verdade, trata-se da radiação alfa.

No primeiro mapa, L13 não apresenta informações sobre reações nucleares e nem de aplicações, vindo a ocorrer no mapa B e de forma associados. O tempo de meia-vida é um conceito explorado, sobretudo, quando se estuda o decaimento radioativo, que é uma das reações nucleares (RODITI, 2005). Sendo por isso relacionado à técnica de datação radiométrica, a qual é amplamente utilizada para identificar o tempo de restos orgânicos na Arqueologia e Paleontologia realizada, em geral, a partir do cálculo da concentração de Carbono-14, conceito por ele também ilustrado. Relação esta feita por L13, quem dos três sujeitos do Grupo V lembrou-se deste conceito importante, por exemplo, para administração de radioisótopos na Medicina Nuclear.

Chama à nossa atenção a quantidade de informações discutidas sobre Radioatividade Ambiental que foram incorporadas a estrutura cognitiva de L13, inclusive ser igual a da categoria “Emissões Radioativas” e maiores que as demais. Observamos que algumas das informações mencionadas na formação foram incluídas tais como o solo, água e alimento, onde esse alimento se remete ao chocolate e a banana, os quais foram utilizados durante os dias de formação como um recurso didático pedagógico tanto para ilustrar como parte dos lanches oferecidos, pois são exemplos presentes no material de Aquino e Aquino (2012).

De certo modo, era de se esperar tal resultado visto ter sido informações recentemente trabalhadas. Tal suposição ganha força se atentamente removermos as informações sobre meio ambiente. Restaria praticamente à mesma estrutura cognitiva observada no mapa antes da formação com algumas novidades: o exemplo de uma aplicação e a diferenciação da natureza das radiações.

Vale ressaltar que, em ambos os mapas, todas as raízes derivadas da palavra geradora e os conceitos presentes sinalizam para o aumento do processo de diferenciação progressiva, ao mesmo tempo em que permanece desacompanhada de indicativos de reconciliação integrativa. Isto sugere que, devido ao pouco tempo de contato com a nova informação, L13 ainda “[...] não visualiza outras conexões, outras possibilidades de entendimento da questão” (TAVARES, 2007, p. 78), nem mesmo de tecer uma conexão entre o carbono-14 como o meio ambiente.

Ao olharmos para os dois mapas de L13, entendemos que até o segundo mapa, L13 não realizou nenhuma reconciliação, sugerindo apenas ter acontecido expansão da estrutura cognitiva via aprendizagem receptiva. Situação que preocupa, uma vez que as atividades realizadas na formação visaram o diálogo, a interação, a troca de informação, que são elementos sugeridos por Valério (2013) quando se deseja fazer oficinas de produções de mapas conceituais em sala de aula.

A figura 10 apresenta os mapas elaborados por L16. No mapa A, a definição de Radioatividade é baseada na distinção que o mesmo faz das reações químicas (ATKINS; JONES, 2012), enquanto no segundo mapa este tipo de comparação é substituído por uma definição propriamente dita, surgindo à ideia de estabilidade do núcleo atômico, ainda que tenha cometido um equívoco ao denominar o núcleo instável de nuclídeo. Este último é um termo utilizado para caracterizar um núcleo (com ou sem propriedades radioativas) com Z e A específicas (RODITI, 2005).

Enquanto no primeiro momento, L16 não exhibe nenhuma informação sobre a história da Radioatividade, na elaboração seguinte e de modo acertado o licenciando menciona os nomes de Henri Becquerel e Marie Curie como, respectivamente, quem descobriu e desenvolveu estudos sobre a Radioatividade (OKUNO; YOSCHIMURA, 2010).

Após introduzir o conteúdo de Radioatividade, L16 relata sobre as principais e mais conhecidas reações nucleares: fissão e fusão, as quais culminam em processos de liberação de energia e composição de novos elementos químicos. O que de fato está correto.

A fissão é uma reação que libera menos energia se comparada à fusão, enquanto que na primeira o processo de formação de novos elementos químicos tende a ser mais frequente que a fusão por necessitar de uma quantidade menor de energia para ocorrer (ROLIM, 2012). Já na segunda produção, o seu mapa se restringe a apresentar os nomes dessas reações, e imediatamente citar exemplos de cada uma (aplicação: fissão → usinas; e ocorrência natural: fusão → estrelas), substituindo uma estrutura do tipo correlativa por uma estrutura derivativa.

Quanto às emissões radioativas, importa destacar que para L16 estas só ocorrem via processo de fissão nuclear, e que pode ser tanto do tipo corpuscular como na forma de onda. Tal afirmação encontra fundamento, pois durante o processo de fissão, ao se emitir uma radiação seja alfa ou beta, é também emitido, logo em seguida, uma radiação gama para diminuir o estado de instabilidade do radionuclídeo (ATKINS; JONES, 2012). E ao citar as radiações alfa, beta e gama, não fez distinção da natureza de cada uma delas, mascarando uma possível dúvida ou insegurança quanto a precisa natureza dessas radiações.

No mapa B, vemos que as radiações ocorrem na forma de energia para gama e partículas para alfa e beta. Nesse sentido, L16 reconhece que a partícula beta possui carga e a gama não. Contudo, deixa de informar a carga da partícula alfa, preferindo informar sua composição ser similar ao do núcleo de um átomo de hélio. Além disso, ao comentar sobre a natureza da radiação gama, traça uma linha de reconciliação (onda eletromagnética → energia), caracterizada mais como um mecanismo de reforço do que uma nova informação.

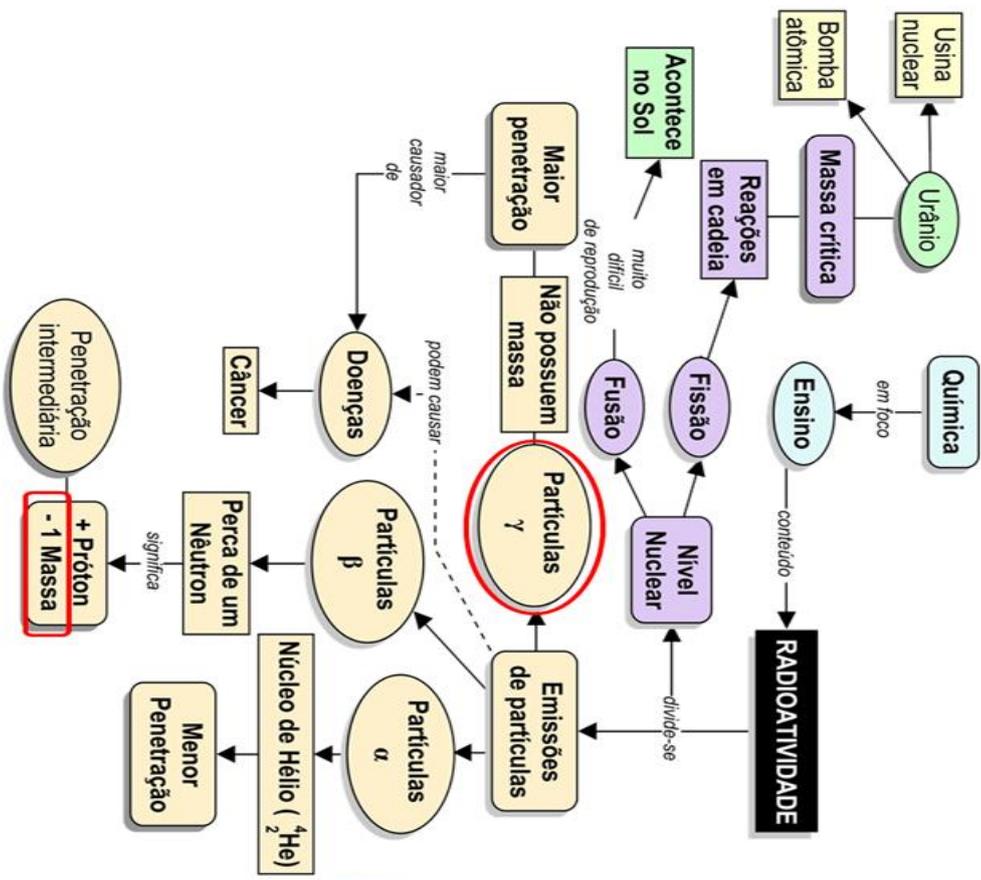
Tal como L16, de um mapa para outro L17 contempla, mesmo tendo cometido algum equívoco, todas as categorias significativas, informações históricas, neste caso remetendo-se a Chernobyl, além de reconhecer a Radioatividade como um campo de estudo da Química, conforme ilustra a figura 11. Frisamos que dos três sujeitos, L17 foi que o mais incorporou novos conceitos à sua estrutura cognitiva (pouco mais que 50% de A para B segundo a tabela 3). Sugerindo que a formação em Radioatividade Ambiental tenha trazido para ele informações significativas.

Ainda na perspectiva da definição, L17 divide o conteúdo da radioatividade em níveis nucleares e de emissões radioativas. Porém, no segundo mapa, sua definição modifica-se de tal forma que surge uma concepção em que associa precisamente a Radioatividade como um fenômeno cujo átomo de núcleo é instável. E de maneira similar ao primeiro mapa, L17 parte da definição para os itens sobre “Emissões Radioativas” e “Reações Nucleares”.

Quanto à categoria “Emissões Radioativas”, notamos que a estrutura exposta no mapa A é, de certo modo, mantida, mas trazendo uma retificação de conceitos com respeito à radiação gama: antes mencionada como uma partícula, onde na verdade se trata de uma onda eletromagnética – situação esta também ocorrida com L13 no primeiro mapa.

Outro elemento considerado equivocado foi sobre a caracterização da radiação beta e omitida na segunda produção. Isto porque, anteriormente havia mencionado que a radiação beta resulta da perda de um nêutron e, com isso, de massa atômica, quando na verdade esta é decorrente da desintegração de um nêutron, cujos produtos são um próton (que permanece no

L17 - MAPA A



L17 - MAPA B

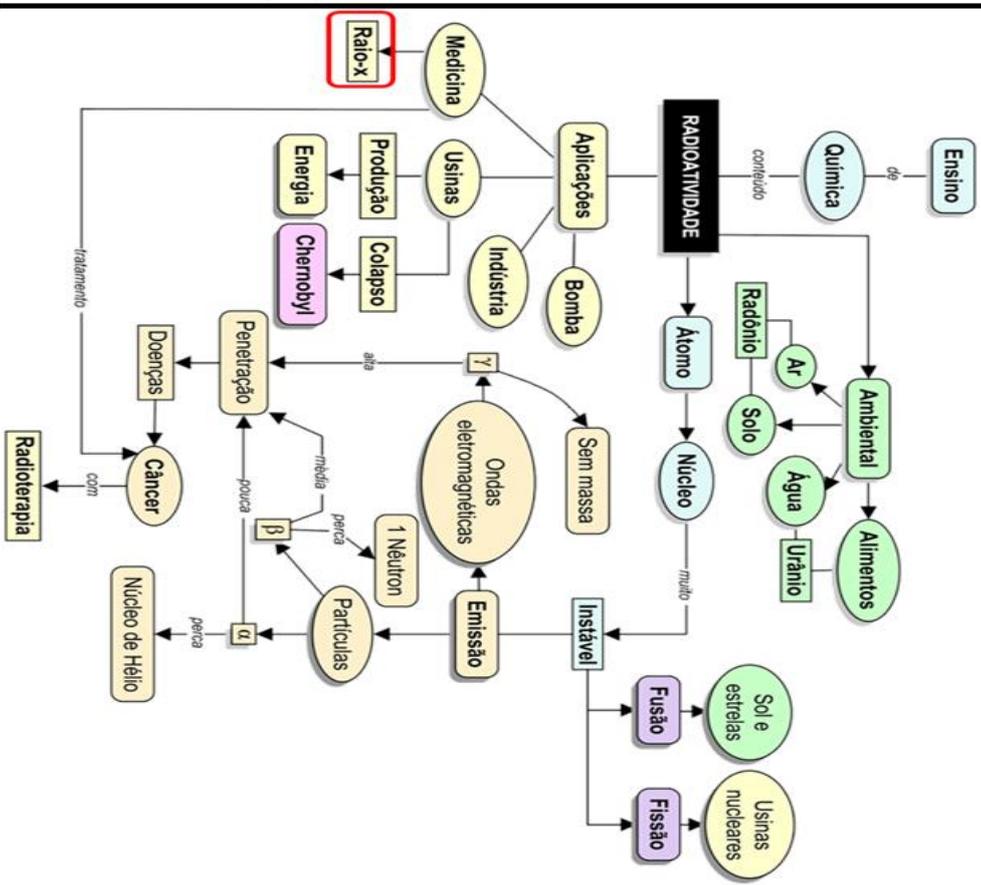


Figura 11 – Mapas conceituais pré (A) e pós- formação (B) de L17.

Fonte: Artefato da pesquisa reelaborado pela Autora com o auxílio do Cmap Tools®.

núcleo), uma beta e um antineutrino (ν) conforme equação a seguinte: ${}_0n^1 \rightarrow {}_1p^1 + {}_{-1}\beta^0 + {}_0\nu^0$ (KAPLAN, 1963).

Além disso, houve a adição de uma nova informação a palavra radioterapia, que é uma aplicação médica. Isto porque das categorias encontradas, a que mais L17 passou a exibir informações foi em relação às “Aplicações” da Radioatividade. Nota-se que os exemplos citados no primeiro mapa também estão no segundo, no entanto, o leque de novas informações, equivocando-se apenas quanto ao Raio-X.

Ao passo que as informações pertinentes às “Reações Nucleares” diminuem ficando igual a que L16 exibe no mapa B. Sobre elas, havia comentado que: a fissão ocorre de modo que a massa crítica de um material radioativo refere-se à quantidade necessária para manter uma reação nuclear em cadeia (TENÓRIO et al, 2015). Tendo como exemplo o urânio direcionado a usina nuclear e a bomba atômica; e da dificuldade em reproduzir a reação nuclear de fusão, a qual é responsável pela produção de energia na maioria das estrelas, incluindo o Sol (ROLIM, 2012).

Em termos de “Radioatividade Ambiental”, L17 contemplou praticamente todas as informações sobre Radioatividade Natural mencionada na formação, faltando articular com os radionuclídeos artificiais, característica comum aos três sujeitos. Dessas inferências percebemos que informações quanto à Radioatividade Natural ela é, sim, abordada de modo superficial, no entanto, o Ensino de Radioatividade tende a enfatizar os tipos de emissões, cálculos de reações, alguns elementos históricos e aplicações tecnológicas (SILVA; SIMÕES NETO, 2012). Omitindo informações que possam levar o estudante a relacionar o fato de que esses elementos são encontrados na natureza e, por isso, interagem com o homem por meio dos diferentes compartimentos do ecossistema (MAZZILLI, MÁDUAR; CAMPOS, 2011).

Independentemente de não termos detectado proposições confusas nos mapas pré e pós-formação, muitos trechos dos mapas conceituais de L17 não apresentavam os conectivos. Segundo comenta Tavares (2007), um mapa para ser considerado conceitual, dentro da perspectiva da aprendizagem significativa, necessita ser hierárquico e composto por conceitos inscritos em balões interligados por linhas que apresentam um conectivo que explicita a relação entre os conceitos.

Apesar deste tipo de informação tenha sido trabalhado no âmbito da disciplina onde se deu a pesquisa pelo docente José Augusto (nome fictício) da disciplina PPEQ I, e mesmo reforçado no momento das atividades da formação em Radioatividade Ambiental, observamos que os futuros professores tendem a adotar um estilo próprio no momento da confecção dos mapas conceituais, o que inclui o não uso de conectivos. O que particularmente dificulta

identificar, nos processos de diferenciação progressiva, o sentido das relações entre os conceitos subordinados; e não inviabilizando a sua análise.

Assim sendo, apesar dos licenciandos terem alguma noção do uso das emissões radioativas, estas ainda são restritas e fracamente dialogam sobre os impactos sociais da Radioatividade (COSTA; PINHEIRO; MORADILLO, 2016), sugerindo que os mesmos se aprofundem no tema (MESSEDER; PIRES; PIRES, 2013).

3.2. Os planos de aula sobre Radioatividade

Uma das formas que encontramos para verificar se a informação apresentada na formação era significativa o bastante para os futuros professores, solicitamos que os mesmos fizessem uma tentativa de elaboração de plano de aula, uma vez que a disciplina PPEQ I é voltada para a construção de conhecimentos pedagógicos práticos, a ser entregue uma semana depois da 2ª Verificação de Aprendizagem, conforme havíamos combinado com o docente da disciplina.

É importante ressaltar que não levamos em consideração a relação tempo X atividade, uma vez que os licenciandos, não ainda cursaram a disciplina de Didática, a qual é ofertada no período seguinte à PPEQ I, ou seja, no 5º período, a qual tem por objetivo, dentre outras coisas, trabalhar os professores em formação inicial conceitos e orientações para elaboração e planejamento do plano de aula.

No entanto, o docente José Augusto (nome fictício) de PPEQ I, durante a aula sobre CTS apresentou de forma sucinta como elaborar um plano de aula, mostrando-os um modelo e explicando sua estrutura, organização e os elementos necessários para sua elaboração.

Feita essas ressalvas, aqui iremos nos deter a analisar os objetivos e estratégias de ensino por eles elencados, conforme está sintetizado no quadro 6 em cumprimento a um dos nossos objetivos específicos, a saber: avaliar como a Radioatividade Ambiental se faz presente nos planos de aula elaborados pelos licenciandos sob o tema Radioatividade.

Começando pelo plano de aula elaborado por L13. Nele o objetivo é conceituar Radioatividade e relacioná-la com o meio ambiente, nessa perspectiva ela traça como estratégias de ensino, resgatar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conteúdo, para, a partir daí, apresentar os tipos de radiações e seus efeitos nos seres humanos e no meio ambiente, uma provável menção, respectivamente, aos efeitos biológicos e poluição radioativa (CHERMAN; ANDRÉ; MACÊDO, 2004).

Também observamos que L13 apresenta um modelo de aula expositiva instrumentado por multimídias, quadro e piloto. Intenciona inicialmente promover um diálogo com perguntas e questionamentos, tais como: o que é radioatividade? Onde esse fenômeno pode ser usado? Ainda nas estratégias de ensino, L13 faz apontamentos sobre as emissões radioativas, Radioatividade Ambiental e suas aplicações. Apesar disso, ele deixa de abordar dois aspectos importantes para o Ensino de Radioatividade, informações históricas e, mesmo das reações nucleares, a qual encontra coerência com as informações do mapa B por ela produzida após a formação em Radioatividade Ambiental.

Quadro 6 – Informações dos planos de aulas de L13, L16 e L17 sobre Radioatividade.

PLANO DE:	L13	L16	L17
TEMA	Radioatividade Ambiental	Radioatividade	Radioatividade Ambiental
PÚBLICO-ALVO	2º Ano do Ensino Médio	Não informado	3º Ano do Ensino Médio
OBJETIVOS	- Definir o conceito de radioatividade e relacioná-lo ao meio ambiente.	- Mostrar os aspectos gerais da Radioatividade e Meio ambiente.	- Aprender conceitos sobre Radioatividade.
CONTEÚDOS	Não informado	Radioatividade Ambiental	Não informado
ESTRATÉGIAS DE ENSINO	Sondar a turma sobre radioatividade, questionando-os sobre aplicação da radioatividade; - Apresentação do trifólio e sua utilidade; - Relembrar o conceito de átomo; - Apresentar os tipos de radiação e seus efeitos nos seres humanos e no ambiente. - Apresentar a aplicações da radioatividade.	- Buscar os conhecimentos prévios dos alunos acerca de radioatividade, questionando-os sobre sua aplicação no dia a dia. -Exibição de vídeos (Chernobyl e procedimentos médicos). - Promover discussões sobre o tema. -Apresentação do conhecimento científico de radioatividade relacionando com o meio social e ambiental. - Aplicação da avaliação.	- Introdução do assunto de Radioatividade; - Levantar questionamentos acerca do assunto. - Apresentar os diferentes tipos de radioatividade e sua aplicação no dia a dia. - Concluir fazendo um resumo da aula e aplicação de exercícios.
RECURSOS DE ENSINO	- Data show; - Quadro branco; - Piloto.	Não informado	- Data show; - Quadro branco; - Piloto.
PROCEDIMENTOS AVALIATIVOS	- Observação e interação do aluno em sala de aula.	- Participação em sala de aula; - Elaboração de cartazes em grupos; - Exposição dos cartazes.	- Participação dos alunos em sala de aula e concepções construídas.

Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

Os procedimentos avaliativos foram por meio de observação da participação em sala de aula, configurando uma avaliação contínua. Nesse sentido, o L13 traz uma visão construtivista sobre o processo de avaliação, conquanto, o seu planejamento ainda está enraizado em uma visão tradicional de ensino o que ficou bem evidente nas estratégias de ensino. Com isso, destacamos que L13 provavelmente gostaria que um dos caminhos possíveis seria discutir sobre o uso de energia nuclear, os perigos por ela oferecidos, os impactos sociais e ambientais, relembrar os fatos históricos situando o estudante dentro de um contexto maior sobre Radioatividade, tal como sugere as OCNEM (BRASIL, 2006), e mesmo autores como Sá e Santin Filho (2009).

No plano de L16, o objetivo preterido é mostrar os aspectos gerais sobre a Radioatividade e sua relação com o meio ambiente, tal intenção é explicitamente destacada no conteúdo descrito. As estratégias de ensino elencadas assemelham-se com as de L13, pois o mesmo resgata os conhecimentos prévios dos estudantes. E apesar de não informar os recursos, L16 nas estratégias de ensino evidencia que pretende utilizar recursos como vídeos para promover debates e discussões a partir disso.

Esta estratégia intenciona proporcionar um longo período introdutório de reflexão e discussão, o qual oportuniza a construção do conhecimento de forma interativa e dinâmica, que condizem com o que as OCEM e PCNEM sugerem (BRASIL, 2000, 2006). E após esse momento de interação, pretende apresentar as informações científicas sobre Radioatividade e seus impactos com o meio socioambiental. Desta forma, percebemos que seus objetivos contemplam suas intenções de ensino, além dos elementos trazidos pela formação.

Em termo de avaliação, transparece ser uma prática constante, analisando a participação e a interação dos estudantes, quando propõe o trabalho em equipe ao solicitar a construção de cartazes os quais devem ser apresentados por cada equipe.

Em geral, essa estratégia de ensino elaborada por L16, pode ser configurada como uma aula expositiva e dialogada, com uma abordagem diferenciada em relação L13, pois valoriza o estudante como sujeito ativo e participativo na construção do conhecimento, promovendo uma maior interação entre e com os sujeitos durante o processo de ensino-aprendizagem.

Assim como o L13, o L16 também não menciona em seu planejamento, a abordagem histórica, emissões radioativas e suas aplicações, evidenciando em seu planejamento os aspectos gerais da Radioatividade envolvendo as reações nucleares. Além disso, o cuidado inicial com as concepções dos estudantes os aproxima do princípio que sustenta a Teoria da Aprendizagem Significativa citado por Ausubel: de que o conhecimento do aprendiz é o fator mais influente no processo de aprendizagem da qual o professor deverá basear seus ensinamentos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

No planejamento de L17 o mesmo expõe como objetivo levar os estudantes a aprender conceitos sobre Radioatividade. Embora também não cite os conteúdos em seu planejamento, na descrição das estratégias de ensino, L17 primeiro introduz o conteúdo de Radioatividade, e logo em seguida pretende realizar “perguntas contextualizadas com o dia a dia do aluno”, tais como: “O que é radioatividade?” e “Onde podemos encontrar radioatividade?”. Estratégia invertida em comparação com os planos dos outros dois.

L17 traz nas suas estratégias de ensino, e de modo implícito, os aspectos voltados quanto à definição e historia da Radioatividade, e, de forma mais evidente, as aplicações da mesma no dia a dia. Entretanto, não faz alusão aos fatores ambientais, às reações nucleares e emissões radioativas. Nesse sentido, seu planejamento configura-se numa aula expositiva que, segundo Libânio (2013), deve ser considera como uma forma de conduzir a aula, porém não a única possibilidade de ensino. Do contrário, recai numa aula pouco atrativa e tradicional. Utiliza em seu planejamento os mesmo recursos citados por L13 e propõe uma avaliação embasada na participação dos estudantes em sala de aula.

Nesse tipo de abordagem, fica evidente que esse licenciando apresenta uma ideia equivocada sobre contextualização, uma vez que este trás uma pergunta objetiva, direta e descontextualizada, e não problematizadora, segundo o que preconiza Moreira (2017). Mas esta colocação é pertinente por ele evidenciar uma preocupação em contextualizar o Ensino da Radioatividade, ou seja, transmite a sensação de que tentar fugir de uma visão do ensino tradicional para uma abordagem que seja potencialmente significativa, embora sem muito êxito em razão da ausência de uma base em Didática.

Diante dessas análises percebemos que os licenciandos L13 e L16 estruturaram seus planos de aula resgatando os conhecimentos prévios dos estudantes, perspectiva ancorada na abordagem de Paulo Freire (1987) em defesa da ideia de que o estudante não é uma tábula rasa. Logo, eles trazem consigo conhecimentos que devem ser valorizados e estimulados para que possam aprimorá-los, e valorizados pela teoria de Ausubel (MOREIRA et al, 2000).

Em relação ao conteúdo, percebemos que os licenciandos apresentam dificuldades em distinguir em seus planos de aula o tema do conteúdo a serem trabalhos, uma vez que apenas L16 conseguiu mencioná-los. Sugerindo que ao colocar componentes curriculares dedicadas à formação prática sem uma formação de noções de Didática, em cumprimento ao que as DCN para formação de professores estabelecem para a Prática como Componente Curricular vir desde o início do curso (BRASIL, 2002), pode ser comprometedor para o desempenho dos licenciandos.

No que tange aos objetivos, percebemos que os licenciandos L13 e L16 relacionam a Radioatividade com o meio ambiente, o que possivelmente deve ser reflexo da formação fornecida durante o processo de interlocução realizada em PPEQ I. E, de modo geral, as estratégias de ensino, bem como os recursos didáticos adotados, sinalizam que ainda mantém algum vínculo com a perspectiva tradicional de ensino, embora busquem superá-la quando propõe, por exemplo, uma avaliação contínua e processual, que conforme Libâneo (2013) deve ocorrer no início, meio e fim, ou seja, durante todo o processo de ensino-aprendizagem.

Importante mencionar, que esses licenciando tiveram contato com o conteúdo de Radioatividade no primeiro período e retomaram o assunto no quarto período, mesmo depois de terem aulas sobre esse assunto, ainda sim, apresentaram propostas de planos de aula sobre Radioatividade simplista e fragilizadas. Nesse sentido, é preciso formar professores que conduzam os estudos dentro de uma perspectiva que favoreça a aprendizagem significativa, que representa uma nova informação interagindo com as estruturas cognitivas dos estudantes a partir de seus subsunçores (MOREIRA, 2006).

3.3. Os mapas conceituais do tempo de obliteração

Em palavras mais simples, o aprender é uma atividade personalizada, mas que podem ser significativas e facilitadas quando duas importantes características são levadas em consideração nos momentos de ensino: “[...] que a tarefa de aprendizagem seja potencialmente significativa; e que ele [o estudante] se empenhe psicologicamente de modo ativo na tarefa de modo a relacionar as novas ideias às ideias que já possui na sua estrutura de conhecimento prévio” (MOREIRA et al, 2000, p. 4, acréscimos nossos).

Assim sendo, os conceitos mais inclusivos, e que estão bem estabelecidos e diferenciados, servem de ancoradouro para as novas ideias e informações e possibilitam sua retenção. No entanto, no decorrer do tempo, o significado dessas novas ideias tendem a ser mascarados pelos significados mais estáveis já existentes.

Essa ideia é o que caracteriza a assimilação obliteradora, a qual é entendida como uma fase subsequente à aprendizagem significativa tenha sido ela ocorrida por recepção ou descoberta. Isto ocorre porque durante certo período, logo após a aprendizagem, a nova informação encontra-se dissociável das ideias âncoras, o que favorece o seu reconhecimento, mas com o passar do tempo estas acabam sendo agregadas, esquecidas, deixando algumas impressões na estrutura básica. Isto porque o fator “[...] esquecimento é, portanto, uma continuação temporal do mesmo processo de assimilação que facilita a aprendizagem e a retenção de novas informações” (MOREIRA; MANSINI, 1982, p. 18).

Em virtude dessas considerações da Teoria da Aprendizagem Significativa, buscamos dentre os sujeitos que participaram de todas as atividades e dias da formação um novo mapa conceitual individual sobre Radioatividade, a fim de entender como a nova informação foi acomodada a sua estrutura cognitiva.

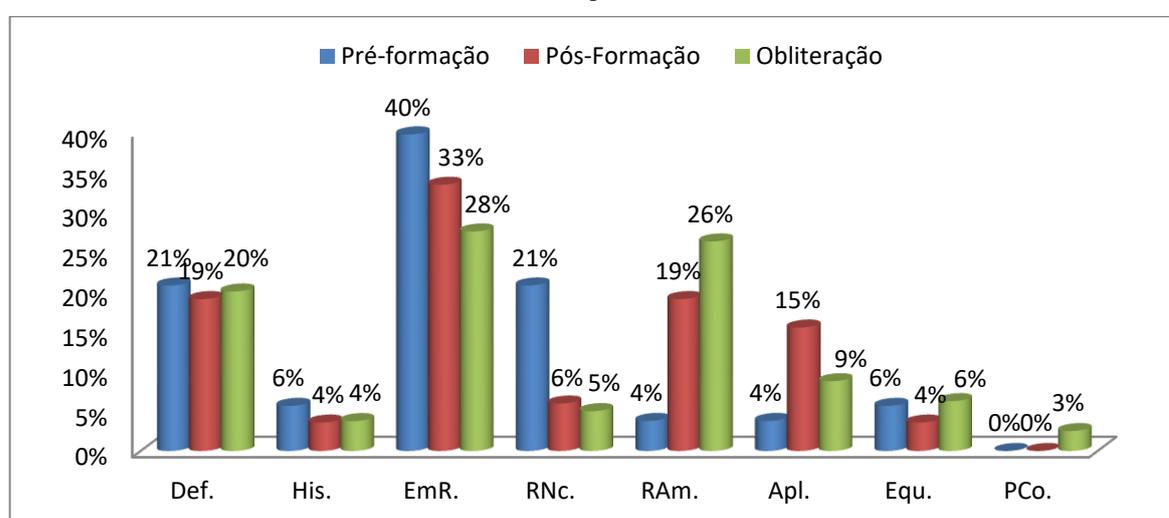
Para iniciarmos esta análise, convém comparar o desempenho dos licenciandos ao longo desses três mapas conceituais, que de modo geral está ilustrada no gráfico 3.

Nesse novo comparativo observamos que:

- A representação percentual da categoria “Definição” oscilou, mantendo praticamente a mesma observada no primeiro mapa, ainda que a quantidade de conceitos contabilizado no segundo e terceiro mapa sejam a mesma – situação similar acontece com a categoria “Equívocos” com relação aos dois primeiros mapas; mas não com a categoria “História” mesmo mantendo a mesma quantidade de conceitos nos mapas B e C, sua representação percentual não foi alterada.

- Os elementos identificados ao longo dos três mapas quanto às “Emissões Radioativas” e “Reações Nucleares” tiveram reduções graduais, o que pode sinalizar para a ocorrência de mecanismos de aprendizagem superordenada ($A \rightarrow B$) e/ou mesmo esquecimento ($B \rightarrow C$). Sendo esta última uma provável causa para brusca redução de elementos sobre “Aplicações”.
- E que pela primeira vez uma proposição confusa é detectada, por não se compreender ao certo a relação ali apontada.

Gráfico 3 – Frequência relativa das categorias identificadas nos mapas pré e pós-formação, e de obliteração do Grupo V.



Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

Desse cenário, destaca-se a crescente quantidade de informações presentes relativa à “Radioatividade Ambiental” e comparada as demais categorias que tiveram redução ou estagnaram. Com isso, podemos inferir que as informações apresentadas durante a formação além de terem um significativo impacto, também revelam possuírem certa longevidade de retenção, mesmo tendo sido observada que houve uma redução de quase 5% na quantidade total de conceitos como se pode notar na tabela 4, mesmo para L17 que manteve a mesma quantidade de conceitos nos dois últimos mapas. Outra observação que fazemos é que dos três L16 (em B e C) e L17 (em A e B) são os que apresentaram uma variedade temática de informações.

A exceção dos equívocos e proposições, as categorias “Definição” e “Emissões Radioativas” são temas constantes nos três mapas dos três sujeitos e, próximo disso, a categoria “Reações Nucleares”. O que significa dizer que de um modo ou de outro os sujeitos

tem algo a dizer sobre a Radioatividade, e que este algo normalmente recorre a estes dois últimos temas.

Tais indícios podem ser reflexos das ênfases dadas pelos livros didáticos (SILVA; SIMÕES NETO, 2012; TENÓRIO et al, 2015), e mesmo reforçada pela formação teórica nos cursos de formação de professores de Química (AQUINO et al, 2016). O que inviabiliza traçar um paralelo entre temas como o uso da energia nuclear e os riscos eminentes de contaminação ambiental por lixo atômico, por exemplo.

Tabela 4 – Distribuição da quantidade dos conceitos em diferentes categorias em todos os mapas: pré (A) e pós-formação (B) e de obliteração (C).

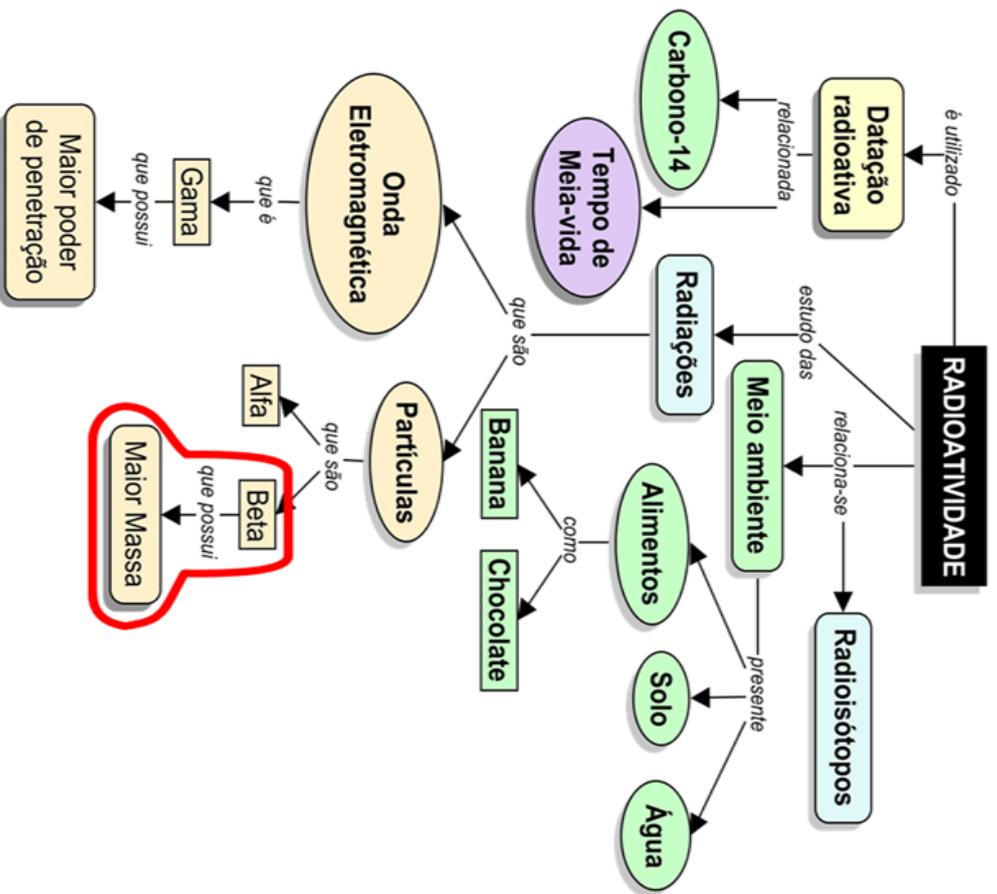
CATEGORIA	L13			L16			L17			TOTAL		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Definição	3	2	3	6	9	5	2	5	8	11	16	16
História	3		1		2	1		1	1	3	3	3
Emissões Radioativas	4	7	4	4	9	4	13	12	14	21	28	22
Reações Nucleares		1	2	6	2	2	5	2		11	5	4
Radioatividade Ambiental		7	6		1	6	2	8	9	2	16	21
Aplicações		1			1	1	2	11	6	2	13	7
Equívocos	1	1			1	3	2	1	2	3	3	5
Proposições confusas						2				0	0	2
TOTAL	11	19	16	16	25	24	26	40	40	53	84	80

Fonte: Elaboração da Autora, 2017.

Ao observarmos a estrutura dos mapas pós-formação (B) e de obliteração (C) de L13 presentes na figura 12, constata-se que a definição de Radioatividade para L13 se resume ao estudo das partículas radioativas que, de algum modo, está relacionado com alguns conceitos como de reações nucleares e radioisótopos, não levando em consideração a instabilidade do núcleo atômico, sua principal característica (OKUNO, 2013) e considerada nas produções coletivas da qual fez parte (mapa coletivo I e II do grupo Raio-X).

E ao que tudo indica os conceitos de Radioatividade-Radioisótopo-Estudo de partículas caracterizam a estrutura básica de sua definição, pois se manteve praticamente a mesma alterando os seus níveis de subordinação na estrutura cognitiva. Estando associados a ela os nomes das principais reações nucleares: fissão e fusão, que surgem pela primeira vez, mas sem maiores esclarecimentos. Além das reações nucleares, as emissões radioativas estão subordinadas a esta estrutura de definição. Muito embora desta vez tenha se detido apenas as radiações particuladas, apresentando maiores informações para a radiação alfa do que beta, e nada a respeito da radiação gama, tendo naquele momento esquecido dela.

L13 – MAPA B



L13 – MAPA C

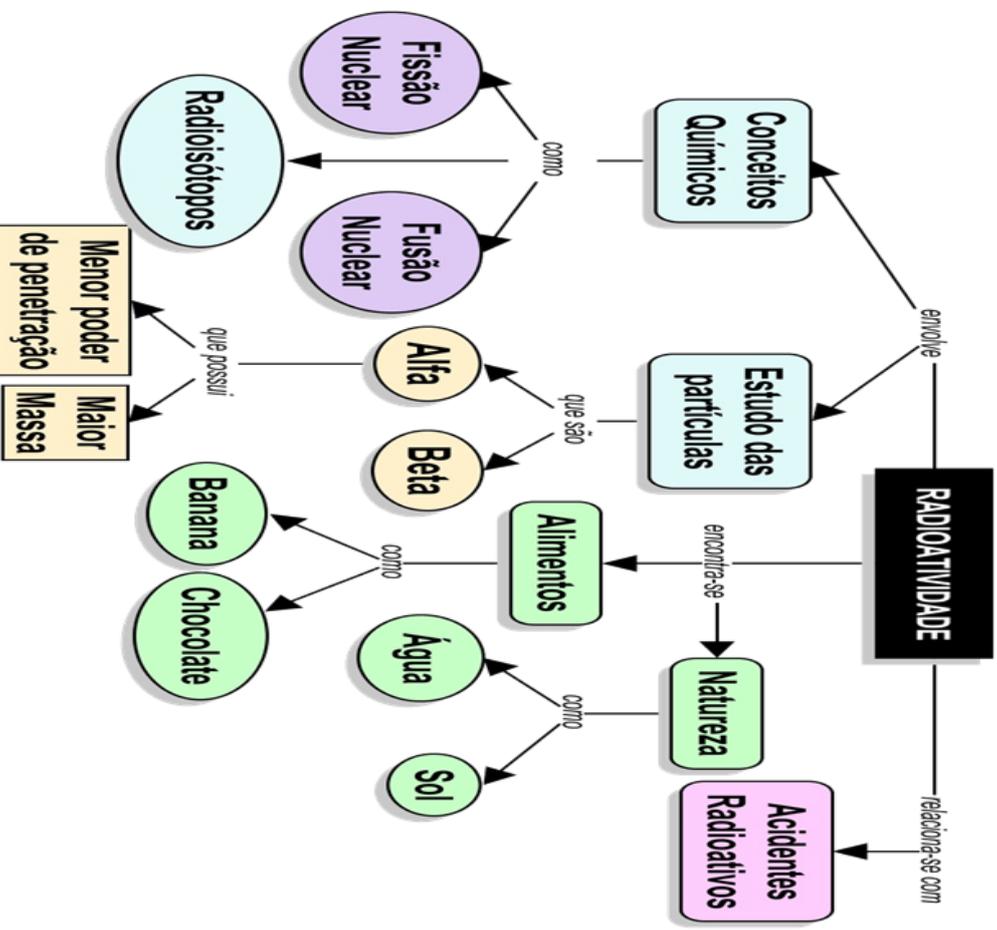


Figura 12 – Mapas conceituais pós- formação (B) e de obliteração (C) de L13.

Fonte: Artefato da pesquisa reelaborado pela Autora com o auxílio do Cmap Tools®.

Em termos de história, L13 novamente recorre aos acidentes nucleares, tal como fez no seu primeiro mapa conceitual (conferir na figura 12). Por isso, supõe-se que seja muito provável que ao se referir ao acidente esteja se remetendo ao de Goiânia com o cézio-137 e na usina nuclear de Chernobyl. Não citando, por exemplo, um acidente nuclear originada por um fenômeno natural como um maremoto e tsunami tal como ocorreu recentemente nas usinas de Fukushima no Japão (MONTALVÃO, 2012).

Já as informações sobre “Radioatividade Ambiental” observadas no novo mapa, se comparada com o mapa anterior, mantém praticamente a mesma, havendo pequenos deslocamentos de conceitos e perda do conceito superordenado “Meio Ambiente” como consequência do período de obliteração atuante.

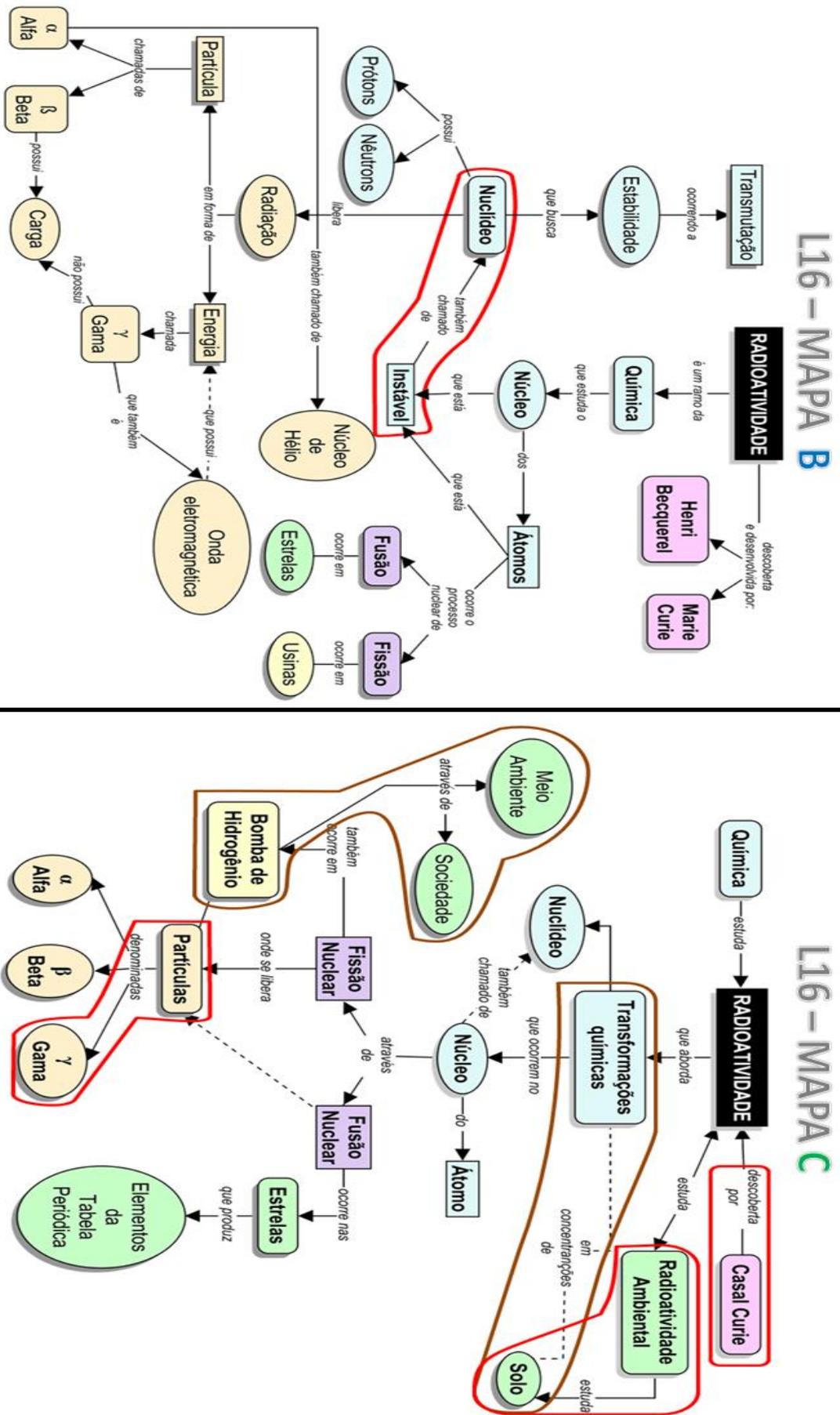
Conforme a figura 13, no mapa C de L16 a sua definição é mais simples, e outra vez faz menção ao fato de que a Radioatividade é um dos conteúdos de ensino da Química que estuda as transformações químicas do núcleo atômico como já vinha fazendo desde o primeiro mapa.

Quanto às informações históricas, embora o nome de Pierre e Marie Curie seja de grande importância para a história da Radioatividade, quem a descobriu acidentalmente esta propriedade da matéria foi Henri Becquerel, e quem cunhou o termo hoje utilizado em homenagem ao elemento químico Rádio e a desenvolveu inicialmente foi Marie Curie (AQUINO; AQUINO, 2012; ATKINS; JONES, 2012), tal como L16 havia feito no mapa B. O equívoco histórico talvez se deva ao fato do nome do casal Curie ainda ser de grande destaque nas Ciências Nuclear, tornando outros personagens dessa história secundários.

De forma similar ao que L13 e L17 fizeram nos seus primeiros mapas, L16 equivoca-se ao generalizar a radiação gama como uma radiação particulada. O que não implica dizer ser esta sua posição definitiva, pois assim como os outros equívocos e as proposições confusas detectadas suscitam a ideia de que a assimilação obliterada esteja atuando na dinâmica da reelaboração conceitual. Prova disso, são os indícios de reconciliações integrativas, até então observadas no primeiro mapa de L17.

Em matéria de “Reações Nucleares”, os conceitos gerais foram mantidos emergindo novas relações e informações. Em fusão, a proposição “Estrelas – que produz → Elementos da Tabela Periódica”, possivelmente seja indicativo referente às radiações cósmicas (OKUNO, 2013); enquanto que a partir de fissão, o exemplo passa a ser a bomba de hidrogênio. Embora esta seja considerada uma bomba de fusão, o processo de ignição se dá a partir de duas reações de fissão. Ficando a dúvida quanto a real relação entre esta tecnologia bélica e os conceitos de meio ambiente e sociedade, tal como acontece com a proposição “Transformações químicas – em concentrações de → Solo”.

Figura 13 – Mapas conceituais pós- formação (B) e de obliteração (C) de L16.



Fonte: Artefato da pesquisa reelaborado pela Autora com o auxílio do Cmap Tools®.

Embora cite mais elementos conceituais referentes à Radioatividade Ambiental, estas são pouco compreensíveis, a exceção das que foram subordinadas ao conceito de fusão.

A partir do que podemos observar no mapa C de L17 representada na figura 14, ele continua a realizar uma espécie de introdução à Radioatividade, para então defini-la. No entanto, acaba se equivocando ao generalizar sua definição com o processo de reação de fissão. Pois se observamos com atenção, no mapa B após definir L16 passava a diferenciar as reações nucleares e numa outra raiz as emissões. Nesse novo mapa, L16 faz essa mescla de conteúdo, mas mantendo as informações sobre “Emissões Radioativas”, novamente muito parecida com a do mapa pós- formação, mantidas como subordinadas às da “Definição”.

Ainda sobre emissões, notamos que a ideia de perda de um nêutron foi substituída por emissão, consideração apresentada aqui apontada como equivocada em razão da radiação beta ser fruto da desintegração desta partícula (AQUINO; AQUINO, 2012).

Com relação às informações históricas, no novo mapa, e pela primeira vez, é citada a relação ao trágico episódio das bombas atômicas lançadas sobre o Japão no final da Segunda Guerra Mundial. Sugerindo que, não somente L17 como os demais sujeitos aqui analisados, carecem de informações históricas sobre a Radioatividade, mesmo ela tendo sido desenvolvida pelo docente em aulas antes da nossa formação em Radioatividade Ambiental.

Mesmo diante da redução de conceitos voltados para a categoria “Aplicação”, é mantida a relação Medicina e tratamento do câncer, exclusivamente citado por ele ao longo da pesquisa, havendo por ora da produção de energia a partir desta propriedade da matéria por ele bem desenvolvida no mapa B, levando-o a relacionar com o acidente em Chernobyl.

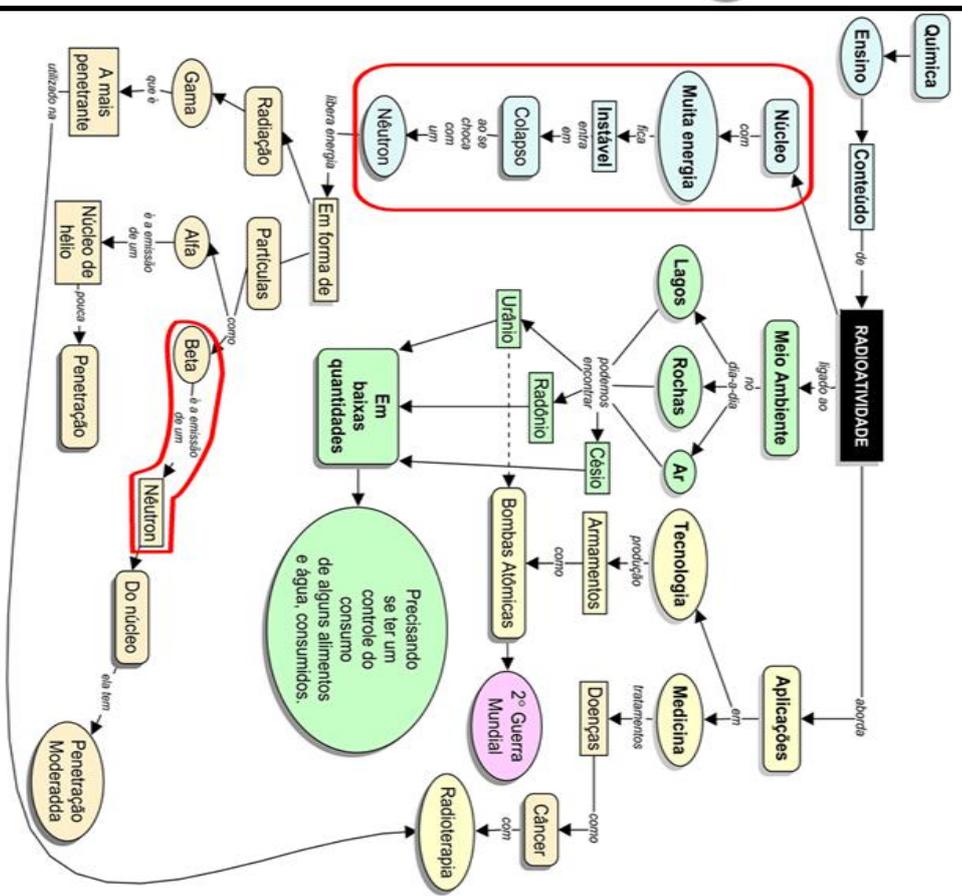
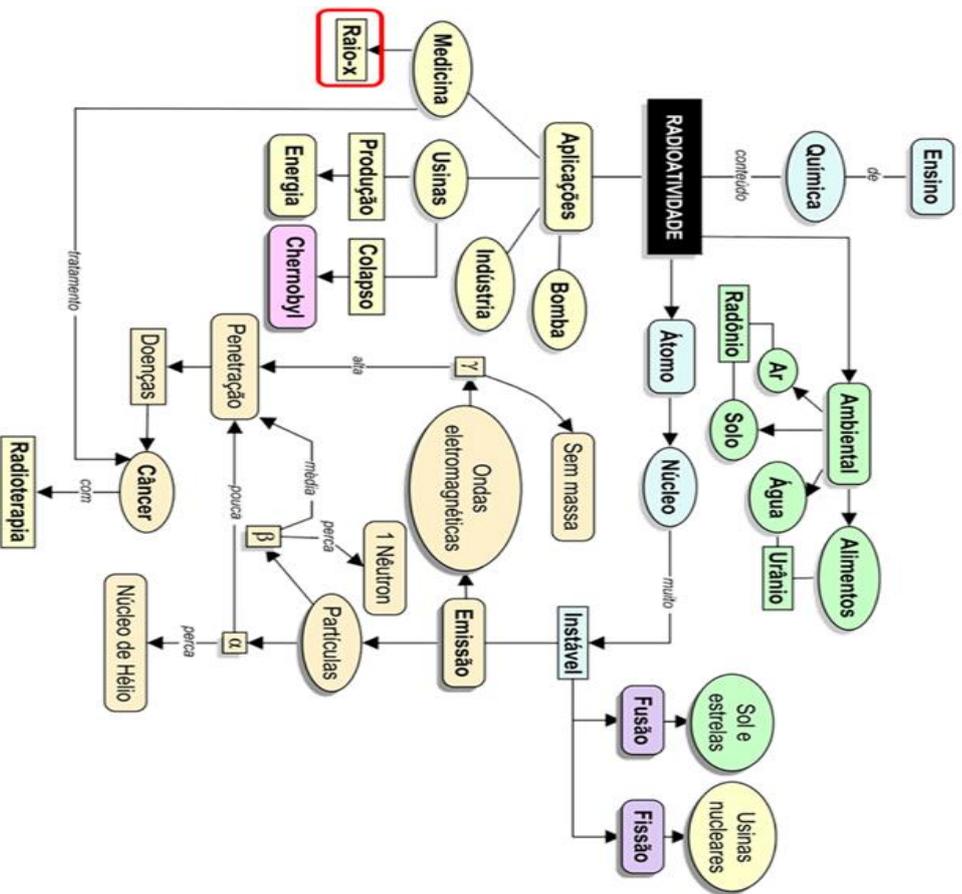
Quanto às informações sobre “Radioatividade Ambiental” encontram-se amparadas numa nova estrutura de subordinação, mencionando o nome de um novo elemento com o Césio, e correlacionando hierarquicamente as informações com a finalidade de ressaltar a ingestão de alimentos e de água contendo tais elementos presentes em diferentes em diferentes espaços.

Desta feita, os mapas de obliteração indicam que os sujeitos analisados tendem a conservar certas correlações em suas estruturas cognitivas, como nitidamente observada em L13, mesmo tendo incorporado novos elementos quanto à Radioatividade Ambiental. Que aos poucos vem tem provocado reconciliações, presentes em L16, para se consolidar como uma nova raiz na estrutura cognitiva tal como se encontra em L17.

L17 – MAPA B

L17 – MAPA C

Figura 14 – Mapas conceituais pós-formação (B) e de obliteração (C) de L17.



Fonte: Artefato da pesquisa reelaborado pela Autora com o auxílio do Cmap Tools®.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do tema sobre Radioatividade para a construção dessa pesquisa, em especial, para mim foi desafiante. Visto que eu também não havia estudado na minha formação em Licenciatura em Química, havendo apenas incorporado os conhecimentos mínimos necessários tais como à sua definição, os tipos de radiações (alfa, beta e gama) e decaimento radioativo.

E durante a minha pesquisa do mestrado, estudar essa proposta, modificaram com minhas concepções não somente sobre o ensino e a prática docente, mas do desafio de se reconhecer como professora: uma articuladora do saber específico com o saber pedagógico. Foi pensando nisso que surgiu à proposta da Radioatividade Ambiental como uma alternativa para contextualizar e ampliar o enfoque da Radioatividade quer na Educação Básica ou nos cursos de formação de professores das Ciências da Natureza (Física, Química e Biologia). Proporcionando um arcabouço teórico de conhecimentos para os licenciandos em formação e permitindo que estes tenham condições de desenvolverem atividades mais significativas com este conteúdo escolar, uma vez que para esta ainda não se dispõem de atividades experimentais seguros para serem realizados em sala de aula.

Com isso em vista, destacamos ser a formação inicial fundamental para a composição de uma base teórica e pedagógica capaz de proporcionar ao futuro professor de Química construir o conhecimento pedagógico do conteúdo específico que nos lançamos numa investigação que fosse capaz de trazer significativos sinais de que há muito para ser feito sobre o Ensino de Radioatividade.

O primeiro deles veio no momento da escolha do local de pesquisa, onde identificamos apenas uma instituição que aborda a Radioatividade não somente teoricamente, mas também pedagogicamente, e distantes entre si. Evidenciando o quão frágil ainda é a formação inicial do professor de Química em Radioatividade e seu respectivo ensino.

Ao analisarmos mapas conceituais notamos, dentre outras coisas, que os licenciandos aqui investigados pouco dispõem de informações sobre a História da Radioatividade, restringindo-se aos acidentes. Tal consideração poderá servir como caminho para problematizarmos a origem da Radioatividade tanto ao campo de pesquisa quanto propriedade natural dos elementos químicos, e com ela a Radioatividade Ambiental. E, desta forma, desmistificar as imagens negativas envolvidas no conteúdo Radioatividade, ainda vista como um tabu por alguns professores em razão de suas marcas históricas de catástrofes e desastres.

O segundo sinal é que a partir dos primeiros mapas conceituais, as concepções dos licenciandos sobre a Radioatividade tendem imediatamente a se referir, principalmente, às emissões radioativas, lembrando-se pouco de seus usos e de fatos e nomes históricos. E, mesmo tendo detectado indícios que possibilitem relacionar a Radioatividade ser um fenômeno natural, estes são exemplos comumente encontrados em livros didáticos, as quais foram utilizadas para introduzir os conceitos de nossa formação.

Sobre os equívocos detectados nos mapas elaborados, convém salientar que estes servem de pontos onde os licenciandos necessitam investir em estudos posteriores. Isto decorre porque a formação inicial, como o próprio nome já denuncia, é apenas o início da jornada pedagógica como professor, o qual terá pela frente que lidar com os diversos empecilhos comuns e típicos de sua profissão para dar continuidade na sua jornada formativa.

O terceiro sinal veio das concepções dos licenciandos logo após as atividades formativas. Os quais indicaram haver uma boa assimilação das informações apresentadas por parte de dois dos sujeitos (L13 e L17), enquanto para L16 foi útil para rever suas proposições, especialmente quanto às emissões radioativas e introdução de novas elementos quanto à sua aplicação, ocorrência e história. Sugerindo que as informações sobre Radioatividade Ambiental possibilita não somente a apreensão de uma nova perspectiva sobre a Radioatividade, mas que através dela é possível reconstruir as relações com os elementos da estrutura cognitiva pré-existentes presentes nos mapas de tempo de obliteração. Além disso, tais mapas evidenciaram o potencial de retenção das informações sobre a Radioatividade Ambiental ser maior que os demais, chegando a se consolidar como uma raiz tal como percebemos no último mapa de L17.

Mesmo cientes de que os licenciandos ainda não dispunham de um repertório didático suficiente, ao avaliarmos os planos de aula nos limitamos às ideias propostas por eles para uma situação de ensino de Radioatividade. E notamos, mesmo após um processo formativo repleta de diferentes propostas de atividades apresentadas pelo docente do componente PPEQ I, que os licenciandos construíram planos de aula, que de um modo ou de outro, miravam na Radioatividade Ambiental mesmo se limitando praticamente à exposição oral.

Tal resultado pode ser considerado um sinal significativo da aceitação da nossa proposta, uma vez que não havíamos solicitado um plano de aula voltado para a Radioatividade Ambiental, nem mesmo durante as atividades de construção dos mapas coletivos e individuais. Deixando os licenciandos livres para fazer ou não tal relação, configurando-se como uma estratégia de pesquisa arriscada da qual obtivemos êxito, que nos autoriza a investigarmos como esta proposta poderá ser desenvolvida na Educação Básica.

REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2. ed. São Paulo: Editora Pioneira, 2000.

AQUINO, K. A. da S. et al. O ensino de radioatividade nos cursos de formação de professores de química no estado de Pernambuco. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO, 14., 2016, Recife. **Anais eletrônico...** Recife: Fecomércio, 2016. Disponível em: <<http://demo.cubo9.com.br/senac/pdf/comunicacao-oral/065.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

_____; AQUINO, F. da S. **Radioatividade e meio ambiente: os átomos instáveis da natureza**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2012.

_____; CHIARO, S. de. Uso de mapas conceituais: percepções sobre a construção de conhecimentos de estudantes do ensino médio a respeito do tema radioatividade. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 158-171, dez 2013.

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2009.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa, Portugal: Plátano Edições Técnicas, 2000.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto. 1996.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1994.

BONOTO, D. M. **Radioatividade nas águas: da Inglaterra ao Guarani**. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. Brasília: MEC/SEB, 2006. v. 2.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos: temas transversais**. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998, p. 167-242.

_____. **Resolução CNE/CP nº 1, de 18 de fevereiro de 2002**. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível

superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. Brasília: CNE/CP, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/res1_2.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2016.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Perspectivas de ensino: caracterização e evolução. In: _____. (Org.). **Ciência, educação em ciência e ensino das ciências**. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação, 2002, p.139-196.

CAÑAS, A. et al. *Herramientas para Construir y Compartir Modelos de Conocimiento Basados en Mapas Conceptuales*. **Revista de Informática Educativa**, Bogotá, Colômbia, v. 13, n. 2, p. 145-158, 2000. Disponível em: <<http://www.ihmc.us/users/acanas/publications/RevistaInformaticaEducativa/TMP984010371.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

CHERMAN, C.; ANDRÉ, C.; MACÊDO, A. Física Moderna: experimental e aplicada. 2. ed. São Paulo, p. 109-10, 2004.

CHIZZOTTI, A. A pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais: evolução e desafios. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, Portugal, v. 16, n. 2, p. 221-236, 2003. Disponível em: <http://200.17.83.38/portal/upload/com_arquivo/1350495029.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2016.

COSTA, R. C.; PINHEIRO, B. C. S.; MORADILLO, E. F. de. A radioatividade nos livros didáticos do PNL D 2015: uma análise crítica no PIBID/Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: UFSC, 2016. Disponível em: <<http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1694-1.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

CYRINO, E. G.; PEREIRA, M. L. T. Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizado por descoberta na área da saúde: a problematização e a aprendizagem baseada em problemas. Rio de Janeiro, 2004.

DOMINGUINI, F.; CLEMES, G.; ALLAIN, O. Análise do tema radioatividade nos livros didáticos no PNLDEM à luz da teoria da aprendizagem significativa e dos pressupostos C,T&S. **Revista Técnico Científica (IFSC)**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 455-466, 2012.

EICHLER, M. L.; CALVETE, M. H.; SALGADO, T. D. M. **Módulos para o ensino de radioatividade**. Porto Alegre: Área de Educação Química, 1997. Disponível em: <http://www.quimica.seed.pr.gov.br/arquivos/File/AIQ_2011/radio_ufrgs.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2016.

EICHLER, M. L.; JUNGES, F.; PINO, J. C. D. O papel do jogo no ensino de radioatividade: os softwares Urânio-235 e cidade do átomo. **Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, 2005.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 4. ed. Curitiba: Ed. Positivo, 2009.

FERREIRA, A. O. **Avaliação da radioatividade natural em algumas rochas graníticas do estado do Paraná e sua utilização na construção civil**. 2013. 114f. Tese (Doutorado em Ciências, área de concentração: Tecnologia Nuclear-Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/004/45004882.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2016.

FIGUEIRA, R. C. L.; NAGAMINI, E. Alternativas didáticas: uma proposta para o ensino de química nuclear. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru, São Paulo. **Atas eletrônicos...** São Paulo: ABRAPEC, 2005. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/1/pdf/p512.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GATTI, B. A. Análise das políticas públicas para formação continuada no Brasil, na última década. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 37, p. 57–70, jan./abr. 2008. Disponível em: <<http://scielo.br/pdf/rbedu/v13n37/06.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOWIN, D. B. *Educating*. Nova York, Estados Unidos: *Cornell University Press*, 1981.

HENEINE, I.F. **Biofísica básica**. 2. reimpr. Rio de Janeiro: Atheneu Editora, 1991.

HYPOLITTO, D. Formação docente em tempos de mudança. **Integração**, v. 14, n. 16, p. 91-95, jan./mar. 2009. Disponível em: <http://www.usjt.br/proex/arquivos/produtos_academicos/91_56.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2016.

JACOB, L. F. R.; MESSEDER, J. C. Radioatividade a partir de vídeos educativos: propostas para aulas de química. In: ENCONTRO NACIONAL ENSINO DE QUÍMICA, 16., Salvador, 2012. **Anais eletrônicos...** Salvador: UFBA, 2012. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/viewFile/7821/5546>>. Acesso em: 22 jan. 2017.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, Washington, Estados Unidos, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

KAPLAN, I. **Nuclear Physics**. New York, Estados Unidos: Addison-Wesley Publishing Comp., Inc., 1963.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 2. ed. 1. reimpr. São Paulo: Cortez, 2013.

LOPES, E. S. **Contextualização no Ensino de Química: Idéias e Proposições de um Grupo de professores**. Tese de defesa de mestrado. São Paulo, 2007. USP.

LOURENÇO, A. B. et al. O uso da diferenciação progressiva e integração reconciliativa para a elaboração de mapas conceituais referente ao tema matéria: um estudo inicial da teoria de Ausubel. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, 6., 2007, Florianópolis. **Atas eletrônicos...** São Paulo: ABRAPEC, 2007. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p835.pdf>>. Acesso em :3 jan. 2016.

LUCKESI, C. C. **Filosofia da educação**. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção Magistério 2º grau. Série Formação do Professor).

MARTINS, R. de A. As primeiras investigações de Marie Curie sobre elementos radioativos. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2003. Disponível em: <<http://www.ghtc.usp.br/server/pdf/curie-a1.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

MASETTO, M. T. **Competência pedagógica do professor universitário**. 2. ed. rev. São Paulo: Summus, 2012.

MAZZILLI, B. P.; MÁDUAR, M. F.; CAMPOS, M. P. de. **Radioatividade no meio ambiente e avaliação de impacto radiológico ambiental**. São Paulo: IPEN, 2011.

MESSEDER, J. C.; PIRES, T. C. de A.; PIRES, R. de O. Materiais midiáticos e temas sociais: ampliando a prática do ensino CTS na licenciatura em química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindoia. **Atas eletrônicos...** São Paulo: ABRAPEC, 2013. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0026-1.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

MONTALVÃO, E. Energia nuclear: risco ou oportunidade? **Núcleo de Estudos e Pesquisa do Senado**, Brasília, v. 108, fev. 2012.

MORAES, R.; RAMOS, M. G.; GALIAZZI, M. do C. Aprender química: promovendo excursões em discursos da química. In: ZANON, L. B.; MALDANER, O. A. (Orgs.). **Fundamentos e propostas de ensino de Química para a Educação Básica no Brasil**. Ijuí, Rio Grande do Sul: Unijuí, 2012, p. 192-209. (Coleção Educação em Química).

MOREIRA, C. H. P. M. A contextualização no âmbito da prática como componente curricular de genética. 2017. 187f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências e Matemática) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implicação em sala de aula**. Brasília: Ed. UnB, 2006.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. _____. et al (Orgs.). **Teoria da Aprendizagem Significativa**. Peniche, Portugal, 2000, p. 47-66. (Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa). Disponível em: <<http://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/1320>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

_____. et al (Orgs.). **Teoria da Aprendizagem Significativa**. Peniche, Portugal, 2000, p. 47-66. (Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa). Disponível em: <<http://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/1320>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

_____. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Porto Alegre, v. 24, n. 6, 2013.

_____. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. UnB, 1999.

_____. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. **Ciência e Cultura**, Barretos, São Paulo, v. 32, n.4, p. 474-479, 1980.

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

_____. O mapa conceitual como instrumento de avaliação da aprendizagem. **Revista Educação e Seleção**, São Paulo, v. 10, p. 17-34, 1984. Disponível em: <<http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/edusel/article/view/2568>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

_____; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem**: os mapas conceituais e o vê epistemológico. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

_____; MANSINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

NOVAK, J. D. *Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools for science and mathematics education*. **Instructional Science**, v. 19, n. 1, p. 29-52, 1990. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00377984#page-1>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

_____; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, Paraná, v. 5, n. 1, p. 9-29, jan./jun. 2010.

_____; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. 2. ed. Lisboa, Portugal: Plátano, p. 212, 1999.

_____; GOWIN, D. B. *Aprendiendo a aprender*. Barcelona, Espanha: Editora Martínez Roca, 1988, p. 4-34.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 185-199, 2013.

_____; YOSHIMURA, E. M. *Física das radiações*. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OLIVEIRA E SILVA, P. F. Z. de; NEVES, M. C. D.; SILVA, S. de C. R. da. Análise de mapas conceituais: uma perspectiva fenomenológica. *Aprendizagem Significativa em Revista*, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 1-10, 2014.

OLIVEIRA, M. M. de. *Sequência didática interativa no processo de formação de professores*. Petrópolis, Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2013.

_____. *Como fazer pesquisa qualitativa*. Recife: Bagaço, 2005.

ONTORIA, A. et al. *Mapas conceituais: uma técnica para aprender*. São Paulo: Loyola, 2005.

PRAIA, J. F. Aprendizagem significativa em D. Ausubel: contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. In: MOREIRA, M. A. et al (Orgs.). *Teoria da aprendizagem significativa*. Peniche, Portugal, 2000, p. 121-134. (Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa). Disponível em: <<http://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/1320>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

RODITI, I. *Dicionário Houaiss de Física*. Rio de Janeiro: Editora Objetiva, 2005.

ROGLÁ, R. N. La radiactividad. *Revista Real Academia de Ciencia*, Zaragoza, v. 59, p. 47-60, 2004.

ROLIM, T. T. L. *Brasil e Estados Unidos no contexto da "Guerra Fria" e seus subprodutos: Era Atômica e dos Mísseis, Corrida Armamentista e Espacial, 1945-1960*. 2012. 292f. Tese (Doutorado em História) - Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2012.

ROZENBERG, I. M. *Química Geral*. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

SÁ, M. B. Z.; SANTIN FILHO, O. Relação entre ciência, tecnologia e sociedade em livros didáticos de química. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, Maringá, Paraná, v. 31, n. 2, p. 159-166, 2009.

SANTOS, S. M. O.; MÓL, G. S. Critérios para a avaliação de livros didáticos de química para o ensino médio. In: NARDI, R.; BORGES, O. (Orgs.). *Atas do 5º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Bauru, São Paulo: ABRAPEC, 2006. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/index.htm>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

SILVA, A. S. F.; BEZERRA, T. B. M. S.; AQUINO, K. A. da S. Estratégia para o ensino de radioatividade na perspectiva de uma aprendizagem significativa: um estudo após um potencial período de obliteração. Rio Grande do Norte- RN, 2016.

SILVA, F. C. V. da; SIMÕES NETO, J. E. A radioatividade nos livros didáticos do ensino médio - um olhar utilizando elementos da transposição didática. In: ENCONTRO NACIONAL ENSINO DE QUÍMICA, 16., Salvador, 2012. **Anais eletrônicos...** Salvador: UFBA, 2012. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/viewFile/7327/5107>>. Acesso em: 22 jan. 2017.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. **Ciências & Cognição**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 99-108, 2008a. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/viewArticle/222>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

_____. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Ciências & Cognição**, João Pessoa, vol. 13, n. 1, p. 94-100, 2008b. Disponível em: <<http://cienciasecognicao.tempsite.ws/revista/index.php/cec/article/view/687>> Acesso em: 16 fev. 2016.

TENÓRIO, A. et al. Análise de conteúdo de física nuclear em livros escolares brasileiros. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, Espanha, v. 14, n. 2, p. 175-199, 2015.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 14. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2005.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Revista Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

VALÉRIO, M. Mapas para ensinar e aprender conceitos de ciências: caçando o tesouro da aprendizagem significativa. In: DUSO, L.; HOFFMANN, M. B. (Orgs.). **Docência em ciências biológicas**: propostas pra um continuado (re)iniciar. Ijuí, Rio Grande do Sul: Editora Unijuí, 2013, p. 229-252.

VASCONCELOS, D. C. **Estudo da radioatividade natural em areais de praias do extremo sul da Bahia utilizando métodos de análises nucleares**. 2010. 124 f. Tese (Ciências e Técnicas Nucleares. Área de concentração: Ciências das Radiações) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

APÊNDICE A - Conteúdos programáticos relacionados à Radioatividade das IES/PE

Lista dos conteúdos previstos nos Projetos Pedagógicos de Curso (PPC) das tradicionais IES/PE da Região Metropolitana do Recife.

IES/PE	DISCIPLINA (PERÍODO)	CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS
UFPE	Ligação Química e Estrutura Curricular (3º período)	Núcleo atômico; Massa e energia nuclear; Estabilidade nuclear; Radioatividade; Cinética dos processos de decaimento radioativo.
	Proteção Radiológica (sem período)	Propriedades das radiações ionizantes; Interação da radiação com a matéria; Objetivos da proteção radiológica; Unidades e Grandezas da proteção Radiológica; Exposição Ocupacional, Sistema de limitação de dose; Proteção às exposições externas, Cálculo de blindagens; Proteção às exposições internas; Bases biológicas para a dosimetria interna; Detectores de radiação; Monitoração de área e individual.
UFRPE (SEDE)	Química L1 (1º período)	O núcleo do átomo; Decaimento Nuclear: Evidências e reações; Padrões de estabilidade nuclear; Predição do tipo de decaimento nuclear; Nucleossíntese. Radiação Nuclear: Efeito biológico, medida de velocidade, usos dos radioisótopos. Energia nuclear: Conversão Massa Energia, fissão e fusão nuclear, química da energia nuclear.
	Prática Pedagógica no Ensino de Química I (4º período)	Aspectos conceituais, didáticos e pedagógicos do conteúdo radioatividade; Desenvolvimento histórico da radioatividade; Dificuldades no ensino-aprendizagem de radioatividade; Análises de estratégias didáticas para o ensino de radioatividade baseada no ensino por problemas e na utilização de vídeos e de recursos computacionais.
UNICAP	Físico-Química III (7º período)	Radioatividade: estrutura e propriedades do núcleo atômico; tipos de decaimento radioativo; leis do decaimento radioativo; interações da radiação com a matéria; reações nucleares; fissão nuclear; fusão nuclear; radioatividade natural e artificial; produção e usos da energia nuclear; aplicações de radionuclídeos em Química.

Fonte: PPCs das IES/PE investigadas.

APÊNDICE B – Plano da formação sobre Radioatividade Ambiental



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS



Tempo estimado: 3 encontros (1h 40 minutos cada)

OBJETIVOS

Geral: Sensibilizar os licenciandos para uma versão complementar para o Ensino da Radioatividade por meio da proposta da Radioatividade Ambiental que articula a Radioatividade Natural com a Artificial.

Específicos:

- Resgatar informações dos licenciandos sobre Radioatividade através da construção de mapas conceituais antes e depois da apresentação da Radioatividade.
- Apresentar informações da Radioatividade Natural como uma proposta alternativa e significativa para o Ensino de Radioatividade, a assim promover sua articulação com a Radioatividade Artificial.
- Solicitar que os licenciandos elaborem planos de aulas considerando a Radioatividade.

CONTEÚDOS

-Conceituais: Radioatividade (histórico; definição; estrutura atômica; tipos de radiação de interesse da Química; processo de decaimento alfa e beta; problemas ambientais e de saúde pela exposição à radiação, e Radioatividade Artificial); Radioatividade Natural (definição; a Radioatividade ensinada pelas escolas; radiação cósmica; formação dos compostos radioativos na Terra; radiação presente no solo, água, ar e alimentos).

-Procedimentais: Expor ideias verbalmente em momentos de diálogos; atividades em grupo; elabora mapas conceituais e planos de aulas; realizar a leitura de texto.

-Atitudinal: Entender que a radiação é um fenômeno nuclear que ocorre naturalmente e que se encontra presente no nosso cotidiano de modo imperceptível, mas que manipulado artificialmente para certos fins econômicos ou não expomos o meio ambiente e a nós mesmos a um grande risco.

RECURSOS DIDÁTICOS

Datashow; piloto e apagador para quadro branco; cartolinas; cola branca e papel A4 branco.

METODOLOGIA

1º ENCONTRO (1h40min)

(Apresentar a pesquisadora aos licenciandos e seus objetivos)

- Promover uma **TEMPESTADE DE IDEIAS** (aquilo que vem à mente) após escrever a palavra *Radioatividade* no quadro, e anotar tudo que eles disserem ao redor da palavra e registrar em fotos – TEMPO: 10 minutos. (a partir desta tempestade de ideias ajustar o planejamento do conteúdo para promover uma formação pedagógica para os licenciandos).
- **REVISAR** o conteúdo de Radioatividade e mencionar as dificuldades que envolvem o ensino deste conteúdo. TEMPO: 20 minutos.

- Depois, os alunos irão receber um **KIT CONCEITUAL** com os conceitos-chave (apenas teóricos) impressos e alguns papeis em branco (caso achem necessário acrescentar algum conceito) sobre Radioatividade para a dinâmica da **construção do MAPA CONCEITUAL 4 GRUPOS** (alfa, beta, gama e Raio-X) – TEMPO: 30 minutos.
- **Registrar em foto os mapas** elaborados e solicitar uma **explicação sobre o mapa** – TEMPO: 20 minutos.
- Em seguida, **corrigir/avaliar os mapas construídos** na forma de revisão sobre Radioatividade trazendo os conceitos-chave presentes no *kit* conceitual **junto com os estudantes** – TEMPO: 20 minutos.
 - **Solicitar o e-mail coletivo da turma para enviar o livro** (Radioatividade e Meio Ambiente) para os licenciandos após esse momento.

2º ENCONTRO (1h40min.)

(Resgatar dos licenciandos as atividades que foram realizadas no último encontro)

- **Indagar os estudantes** por meio de duas imagens representativas (uma de uma ambiente natural e outra de um centro urbano), qual delas para eles representa **o conceito de Meio Ambiente?** Após isso, iniciar a **discussão sobre Meio Ambiente** – TEMPO: 5 minutos.
 - Em seguida, fazer uma **RODA DE DIÁLOGOS** sobre as informações do texto e vejam se é possível visualizar alguma **relação entre Radioatividade e Meio Ambiente** – TEMPO: 20 minutos.
- Ministrar uma **AULA EXPOSITIVA DIALOGADA** sobre a proposta da **Radioatividade Ambiental**. Abordar os seguintes tópicos: *Radioatividade Natural* (Quais exemplos?); *Radioatividade Artificial* (Quais exemplos?); a articulação entre os elementos radioativos naturais e artificiais *presente na água, solo, ar e no alimento* – TEMPO: 2 ou 4 horas/aula (um ou dois encontros semanais).

3º ENCONTRO

(Resgatar dos licenciandos as atividades que foram realizadas no último encontro)

- Solicitar para que os alunos construam um **NOVO MAPA** a partir das **novas informações** apresentadas sobre Radioatividade e Meio Ambiente levando em consideração o que foi visto durante a formação – TEMPO: 20 minutos.
 - Será o mesmo esquema da primeira fase, PORÉM não será dado nenhum conceito referente à Meio Ambiente, deixando isso a cargo das equipes que deverão utilizar o papeis em branco para escrever os conceitos referentes ao Meio Ambiente.
- **Corrigir os mapas elaborados** com base no mapa elaborado previamente – TEMPO: 25 ou 40 minutos.
- **Apresentar um modelo de Plano de Aula** – TEMPO: 20 minutos.
- **Individual ou grupos** (a depender do número de participantes no dia), os licenciandos irão **iniciar a construção do plano de aula sobre Radioatividade**.
 - Não será solicitado que o plano deverá envolver a Radioatividade Ambiental, na expectativa de que os mesmos conscientemente faça essa opção se assim julgar pertinente.
 - Essa atividade *poderá servir como critério de avaliação do professor da disciplina se for o caso*.
- Solicitar que **os planos de aulas sejam entregues numa data combinada**.
 - Caso seja levado em consideração como parte da avaliação para a disciplina, solicitar que seja entregue antes ou após o dia da 2ª V.A.

AVALIAÇÃO

- Observar o interesse dos licenciandos pelas atividades e informações apresentadas durante a formação ofertada.
- A inserção das informações referente à Radioatividade Natural no novo mapa.
- Os planos de aulas para o Ensino de Radioatividade.

REFERÊNCIAS

AQUINO, K. A. da S.; AQUINO, F. da S. **Radioatividade e meio ambiente: os átomos instáveis da natureza**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2012.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Temas transversais: meio ambiente. In: _____. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos**. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998, p. 167-242.

KELECOM, A. ; GOUVEA, R. C. S. **A Percepção da Radioatividade por Estudantes de Nível Superior**. Mundo & Vida, vol. 3, n. 2, 2002.

MARTINS, R. de A. As primeiras investigações de Marie Curie sobre elementos radioativos. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência, São Paulo**, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2003. Disponível em: <<http://www.ghtc.usp.br/server/pdf/curie-a1.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

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

APÊNDICE C – Ficha de observação de aula

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO – ÊNFASE NO ENSINO DE QUÍMICA**



Data da aula: ____/____/____

TEMA DA AULA

--

DINÂMICA DA AULA

--

CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES FEITAS PELO PROFESSOR

--

CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES FEITAS PELOS LICENCIANDOS

--

APÊNDICE D – Questionário do perfil dos licenciandos



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO – ÊNFASE NO ENSINO DE QUÍMICA



Como etapa da pesquisa da mestranda em Ensino das Ciências da UFRPE *Roberta Maria da Silva*, orientada pelas *Profa. Dra. Suely Silva e Profa. Dra. Kátia Aquino*, o qual tem por função obter informações sobre o perfil dos licenciandos da disciplina de Prática Pedagógica no Ensino de Química I da referida instituição. Os resultados deste questionário serão utilizados apenas para fins de pesquisa e publicação, por isso não precisa se identificar. Desde já agradecemos e nos disponibilizamos para maiores esclarecimentos.

Nome completo do licenciando (a)

Assinatura

Recife, ____ de _____ 2016.

QUESTIONÁRIO Nº ()

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO		
Sexo:	Idade:	Período:
Em relação à docência, quais suas experiências: () Atualmente trabalho () Já trabalhei () Nunca trabalhei		
Em caso de afirmação para o exercício da docência, isso ocorreu/ocorre há quanto tempo? () Menos de 1 ano () 1-2 anos () 3-5 anos () 6-8 anos () 9-10 anos () Mais de 10 anos		
Foi aluno do professor José Augusto (nome fictício)? () Sim () Não		

APÊNDICE E – TCLE para o docente**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO – ÊNFASE NO ENSINO DE QUÍMICA**

Eu, _____, professor
(a) da disciplina de *Prática Pedagógica no Ensino de Química I* de 2016.1 da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), afirmo que estou esclarecido (a), consciente e de pleno acordo para autorizar a Professora *Roberta Maria da Silva*, aluna do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da UFRPE, a gravar, descrever, analisar, interpretar e tornar públicas minhas palavras e ações resultantes das observações das aulas por mim concedidas, bem como a realizar a formação a ser realizada pela pesquisadora em comum acordo por mim, a qual visa obter dados relativos à sua pesquisa para conclusão de Mestrado. Mediante acordo com a pesquisadora, minha identidade será preservada.

Concedente

(assinatura e carimbo)

Recife, ____ de _____ de 2016.

APÊNDICE F – TCLE coletivo para os licenciandos



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO – ÊNFASE NO ENSINO DE QUÍMICA**



Como licenciando (a) matriculado(a) na disciplina de *Prática Pedagógica no Ensino de Química I de 2016.1* da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), afirmo que estou esclarecido(a), consciente e de pleno acordo para autorizar a Professora Roberta Maria da Silva, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências a descrever, analisar, interpretar e tornar públicas minhas palavras e ações resultantes das observações e dos materiais elaborados no decorrer das aulas da disciplina e período citado e posterior a ele quando necessário, as quais visam obter informações atinentes à sua pesquisa para conclusão de Mestrado. E mediante acordo com a pesquisadora, minha identidade será preservada. Por estar de acordo, assino este termo coletivo.

N.	NOME COMPLETO DO LICENCIANDO	ASSINATURA
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
24		
25		
26		
27		

Recife, ____ de _____ de 2016.

APÊNDICE G – Kit conceitual utilizado para produzir os mapas conceituais coletivos durante a formação em Radioatividade Ambiental

ACIDENTE	GAMA (γ)
ALFA (α)	INSTABILIDADE
ALIMENTOS	MARIE SKLODOWSKA CURIE
ANTOINE HENRI <i>BECQUEREL</i>	NÚCLEO
APLICAÇÕES	ONDAS ELETROMÁGNÉTICAS
ÁTOMO	PARTÍCULAS
BETA (β)	PODER DE PENETRAÇÃO
BOMBA ATÔMICA	RADIAÇÃO
BOMBA DE HIDROGÊNIO	RADIOATIVIDADE
CARGA ELÉTRICA	<i>RADIONUCLÍDEO</i>
DATAÇÃO RADIOMÉTRICA	RAIOS
DECAIMENTO RADIOATIVO	RAIO-X
ESTABILIDADE	TRANSMUTAÇÃO NUCLEAR
FISSÃO NUCLEAR	TRATAMENTO MÉDICO
FUSÃO NUCLEAR	USINA NUCLEAR
<div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>	<div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>
<div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>	<div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>
<div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>	<div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>

ANEXO A – Plano de ensino com ementa da disciplina PPEQ I constando a formação em Radioatividade Ambiental



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

SECRETARIA GERAL DOS CONSELHOS DA ADMINISTRAÇÃO SUPERIOR

CONSELHO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

PLANO DE ENSINO

I – IDENTIFICAÇÃO

CURSO: Licenciatura em Química **MODALIDADE:** Presencial

DISCIPLINA: Prática Pedagógica no Ensino de Química 1

REQUISITO: (X) OBRIGATÓRIA () OPTATIVA

DEPARTAMENTO: Departamento de Química

PROFESSOR RESPONSÁVEL: José Augusto (**nome fictício**)

Ano: 2016 **Semestre Letivo:** (X) Primeiro () Segundo

Total de Créditos (se for o caso): 04 **Carga Horária:** 60 horas

II - EMENTA (Sinopse do Conteúdo)

A disciplina Química na Educação Básica – princípios e bases curriculares. Prática pedagógica e prática docente: o papel do professor nos processos de ensino aprendizagem de Química. Aspectos conceituais, didáticos e pedagógicos do conteúdo químico e as concepções informais dos estudantes. Resolução de Problemas no ensino de química. Aspectos conceituais, didáticos e pedagógicos do conteúdo de: ligações químicas; modelos atômicos e radioatividade; substâncias e materiais. Estratégias para o ensino de ligações químicas, modelos atômicos e radioatividade, substâncias e materiais: elaboração de problemas e situação problema.

III - OBJETIVOS DA DISCIPLINA

Apresentar, discutir, problematizar e propor estratégias metodológicas para trabalhar conceitos químicos na Educação Básica, tendo como base princípios epistemológicos e referenciais teóricos específicos que tratam das interações discursivas em sala de aula, dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas de estudantes.

IV - CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. A disciplina Química na Educação Básica – princípios e bases curriculares. Prática pedagógica e prática docente: o papel do professor nos processos de ensino aprendizagem de Química.
2. Aspectos didáticos e pedagógicos de conteúdos químicos - as concepções informais dos estudantes, interações em sala de aula e inovação no ensino. Resolução de Problemas no ensino de Química.
3. Aspectos conceituais, didáticos e pedagógicos do conteúdo de modelos atômicos e ligações químicas.
 - 3.1. Desenvolvimento histórico dos modelos atômicos e de ligação química.
 - 3.2. Dificuldades no ensino-aprendizagem de modelos atômicos e de ligações químicas: modelos mentais; concepções alternativas; analogias e modelos didáticos.
 - 3.3. Análises de estratégias didáticas para o ensino de ligação química e de modelos atômicos baseadas no ensino por problemas e na utilização de vídeos e de recursos computacionais.
4. Aspectos conceituais, didáticos e pedagógicos do conteúdo radioatividade.
 - 4.1. Desenvolvimento histórico da radioatividade.
 - 4.2. Dificuldades no ensino-aprendizagem de radioatividade.
 - 4.3. Análises de estratégias didáticas para o ensino de radioatividade baseada no ensino por problemas e na utilização de vídeos e de recursos computacionais.
5. Aspectos conceituais, didáticos e pedagógicos do conteúdo de substâncias e materiais
 - 5.1. Desenvolvimento histórico dos conceitos de substâncias e materiais.
 - 5.2. Dificuldades no ensino-aprendizagem de substâncias e materiais.
 - 5.3. Análises de estratégias didáticas para o ensino de substâncias e materiais baseada no ensino por problemas e na utilização de vídeos e de recursos computacionais.

V – MÉTODOS DIDÁTICOS DE ENSINO

- Aula Expositiva
- Seminário
- Leitura Dirigida
- Demonstração (prática realizada pelo Professor)
- Laboratório (prática realizada pelo aluno)
- Trabalho de Campo
- Execução de Pesquisa
- Outra. Especificar: _____

VI - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A nota da 1ª VA será obtida a partir de uma prova escrita, realizada na data da 1VA.

A 2ª Verificação de aprendizagem será realizada ao longo do semestre através de avaliação contínua dos trabalhos entregues pelos alunos a partir de atividades individuais e em grupo que abordem os temas discutidos em cada aula. A nota será calculada pela média aritmética dos trabalhos entregues.

A 3ª Verificação de aprendizagem será um seminário em grupo onde os alunos deverão abordar um tema químico a partir dos pressupostos trabalhados na disciplina.

CRONOGRAMA	
AULA	CONTEÚDO
1 (09/03)	Apresentação do professor e dos estudantes, definição dos critérios de avaliação, discussão da ementa, introdução aos mapas conceituais.
2 (14/03)	PCN http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf p. 30-39 PCN+ http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf p. 87-110 OCN http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf p. 113-155 Atividade: Leitura e discussão em sala de aula. Preparar um mapa conceitual relacionando os três parâmetros, destacando habilidades, competências, níveis de representação do conhecimento químico e os conteúdos disciplinares e interdisciplinares.
3 (16/03)	Parâmetros Curriculares do Estado de Pernambuco http://www.educacao.pe.gov.br/portal/upload/galeria/4171/quimica_parametros_em.pdf Atividade: Leitura e discussão em sala de aula. Resenha crítica entre a proposta do Estado e os PCN. Em que pontos convergem? Quais as diferenças? É viável a aplicação nas escolas de Pernambuco?
4 (21/03)	Saberes docentes e Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/1589/1402 Atividade: Leitura e discussão em sala de aula. Preparar um mapa conceitual sobre os saberes docentes, os espaços/tempos onde são construídos, sua importância para a formação do professor e uma auto-análise sobre seus saberes.
5 (23/03)	Concepções alternativas http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p726.pdf Atividade: Leitura e discussão em sala de aula. Pesquisar outras concepções e propor como trabalhá-las.
6 (28/03)	Inovação no ensino de Química Leitura: trecho da dissertação sobre aulas inovadoras (no xerox) Atividade: Leitura e discussão em sala de aula.
7 (30/03)	Evolução histórica dos Modelos Atômicos http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1348-1.pdf Atividade: Leitura e discussão em sala. Preparar um mapa conceitual sobre a evolução dos modelos propostos e suas interrelações.
8 (04/04)	Dificuldades no ensino-aprendizagem de Modelos Atômicos
9 (06/04)	Modelos e analogias para o ensino de Modelos Atômicos Atividade: Construir modelos para o átomo visando atingir os obstáculos epistemológicos.

10 (11/04)	Documentário Química, uma história volátil Atividade: Fazer uma análise do documentário e propor como utilizá-lo na sala de aula.
11 (13/04)	Desenvolvimento histórico, dificuldades no ensino-aprendizagem e concepções alternativas de ligações químicas.
12 (18/04)	Mapas conceituais e aprendizagem significativa.
13 (20/04)	TIC no ensino de ligação química. Atividade: explorar um software/app para o ensino de ligação química.
14 (25/04)	Debate: O ensino de modelos atômicos e ligações químicas
15 (27/04)	Desenvolvimento histórico do conceito de substâncias e materiais
16 (02/05)	1ª Verificação de Aprendizagem
17(04/05)	Dificuldades no ensino-aprendizagem e concepções alternativas de substâncias e materiais.
18 (09/05)	Espaços não escolares. http://www.seer.ufu.br/index.php/revextensao/article/viewFile/20390/10860 Atividade: Leitura e discussão. Aula na praça Francisco Magalhães.
19 (11/05)	Ensino de Química com enfoque CTS. Leitura: http://ufpa.br/ensinofts/artigos2/wildsoneduardo.pdf Atividade: Resenha crítica sobre o artigo. O que é CTS? Como se elabora uma proposta CTS? Quais os elementos constituintes? Qual o diferencial em relação ao ensino tradicional?
20(16/05)	Experimentação problematizadora (discussão teórica). http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc30/07-PEQ-4708.pdf Atividade: propor uma aula prática problematizadora.
21(18/05)	Experimentação problematizadora (aula prática).
22 (23/05)	Atividades lúdicas no ensino de substâncias (discussão teórica).
23 (25/05)	Atividades lúdicas no ensino de substâncias (preparação dos jogos).
24 (30/05)	Atividades lúdicas no ensino de substâncias (apresentação dos trabalhos).
25 (01/06)	Casos simulados. http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/156/112 Atividade: desenvolver um caso simulado na sala.
26 (06/06)	Desenvolvimento histórico da Radioatividade.
27 (08/06)	Radioatividade ambiental parte 1.
28 (13/06)	Radioatividade ambiental parte 2.
29 (15/06)	Radioatividade ambiental parte 3.
30 (20/06)	Caso simulado Césio 137. (Entregar plano de aula radioatividade)
31 (22/06)	Discussão geral (2ª V.A.)
32 (27/06)	Seminário grupo 1 e 2 (3ª V.A)
33 (29/06)	Seminário grupo 3 e 4 (3ª V.A)
34 (04/07)	V.A Final

VIII – BIBLIOGRAFIA

ACEVEDO, J.A. Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico. *Rev. Eureka Enseñanza y Divulgación Científica*, 21-46, 2009.

ARROIO, A.; GIORDAN, Marcelo. O Vídeo Educativo: aspectos da organização do ensino. *Química Nova na Escola*, 24, 8-12, 2006.

- FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. *Química Nova na Escola*, 24, 2, 20-24, 2006.
- GARRITZ E J. A. CHAMIZO. Química. México, Addison-Wesley Iberoamericana. 1994.
- MAHAN. Química. Editora Blucher. 2002.
- GARRITZ, A.; TRINIDAD-VELASCO, R. El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15, 1, 98-103, 2004.
- GARRITZ, A.; TRINIDAD, R. El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia, *Educación Química*, 17(1), 236-263, 2006.
- MASTERTON, W.L.; SLOWINSKI, E. J.; STANISKI, C. L.; PEIXOTO, J. Princípios de Química, 6ª Edição,. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1999.
- BROWN, T.L., LEMAY, H.E., BURSTEN, B.E. Química Ciência Central. 7 ed. Rio de Janeiro, LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora. 1997. 702p.
- LOPES, A.C. Discursos curriculares na disciplina escolar química. *Revista Ciência e Educação*, v.11, n.2, 2005.
- LOUREIRO, I. M. G. A Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas e a formulação de questões a partir de contextos problemáticos: Um estudo com professores. e alunos de Física e Química. Universidade do Minho. Instituto de Educação e Psicologia. Dissertação (Mestrado). 2008.
- MANCHEGO, O. L.; TORRES, L. E. S. El problema de la desarticulación de conocimientos en la formación inicial de profesores. *Pedagogía y Saberes*, 31,35-42, 2009.
- MARANDINO, Mônica Cerbella Freire. Organizando o Trabalho com Vídeo em Sala de Aula. *Morpheus - Revista Eletrônica em Ciências Humanas*, 1, 1, 2002.
- RIBEIRO, A. A.; GRECA, Ileana M. Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada. *Química Nova*, 26, 4, 542-549, 2003.
- ROGADO, J. Grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 1, p. 63-73, 2004.
- TALANQUER, V. Formación docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química* 15, 1, 60-67, 2004.
- FERNANDES L. dos S.; CAMPOS, A. F. Análise em Periódicos Nacionais e Internacionais sobre o Ensino e Aprendizagem de Ligação Química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 12, p. 153-171, 2012.
- DA SILVA, F. C. V.; CAMPOS, A. F. ; ALMEIDA, Maria Angela Vasconcelos de . Concepções Alternativas dos Licenciandos em Química sobre Radioatividade. *Experiências em Ensino de Ciências*, 8, p. 72-82, 2013.
- BOLÍVAR, A. Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Revista de currículum y formación del profesorado*, 1-39, 2005.
- FERNANDES, L. dos S; CAMPOS; A. F.; MARCELINO-JR, Cristiano de A. C. Concepções alternativas dos estudantes sobre ligação química. *Experiências em Ensino de Ciências*, 5, 3, 19-27, 2010.
- SANTOS, V. T; ALMEIDA, M. A. V de ; 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*, 5, 3, 25-37, 2005.
- SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos Pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11, 1, 7-28, 2006.
- VASCONCELOS, F. C. G. C.; LEÃO, M. B. C. Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia *Flexquest* sobre radioatividade. *Investigações em Ensino de Ciências*. 17, 1, 37-58, 2012.

http://www.dailymotion.com/video/x2e4n65_quimica-uma-historia-volatil-ep-1-a-descoberta-dos-elementos_school

http://www.dailymotion.com/video/x2e5afv_quimica-uma-historia-volatil-ep-2-a-ordem-dos-elementos_school

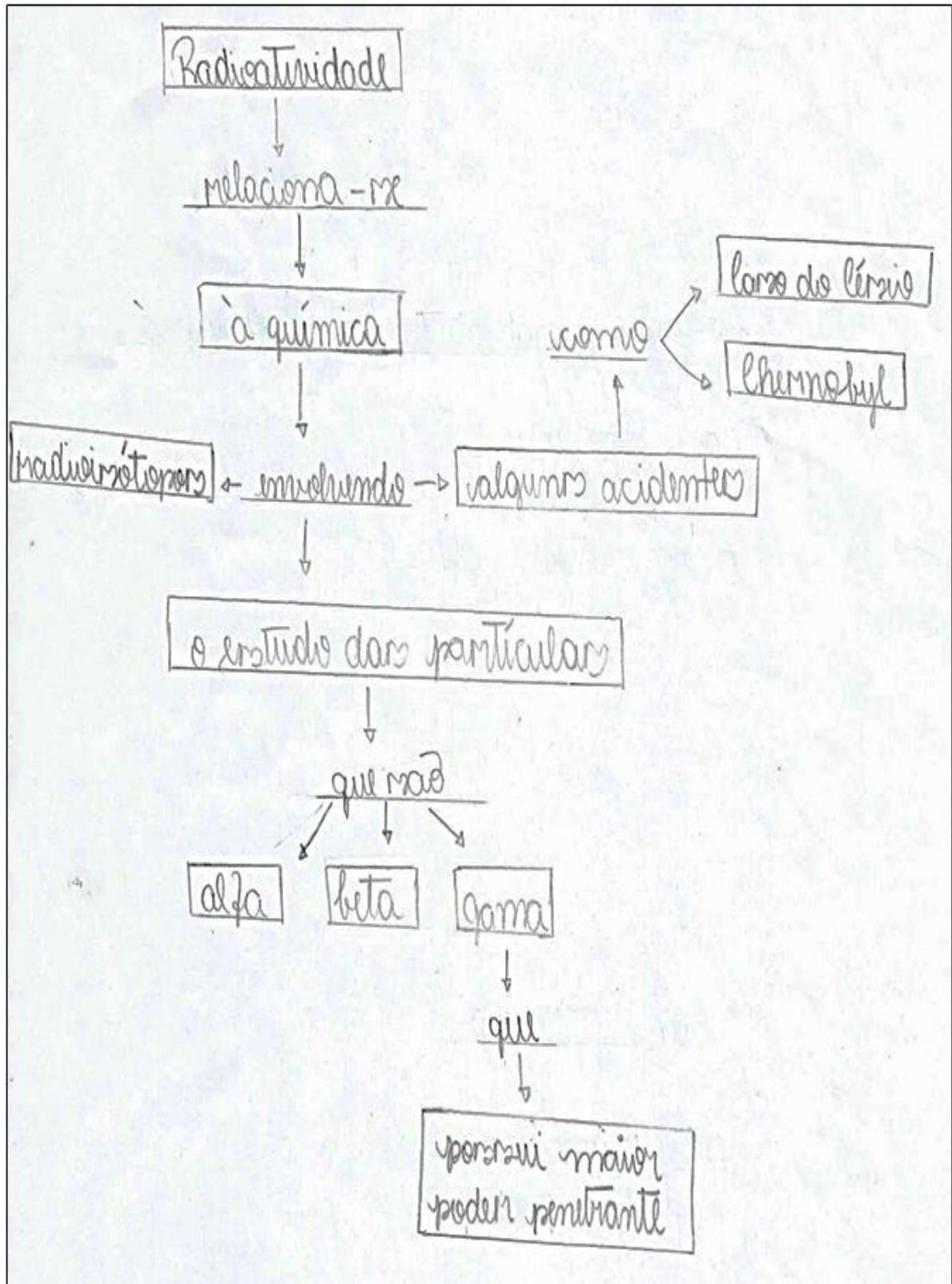
http://www.dailymotion.com/video/x2e5gtc_quimica-uma-historia-volatil-ep-3-o-poder-dos-elementos_school

Recife, 07 de Março de 2016

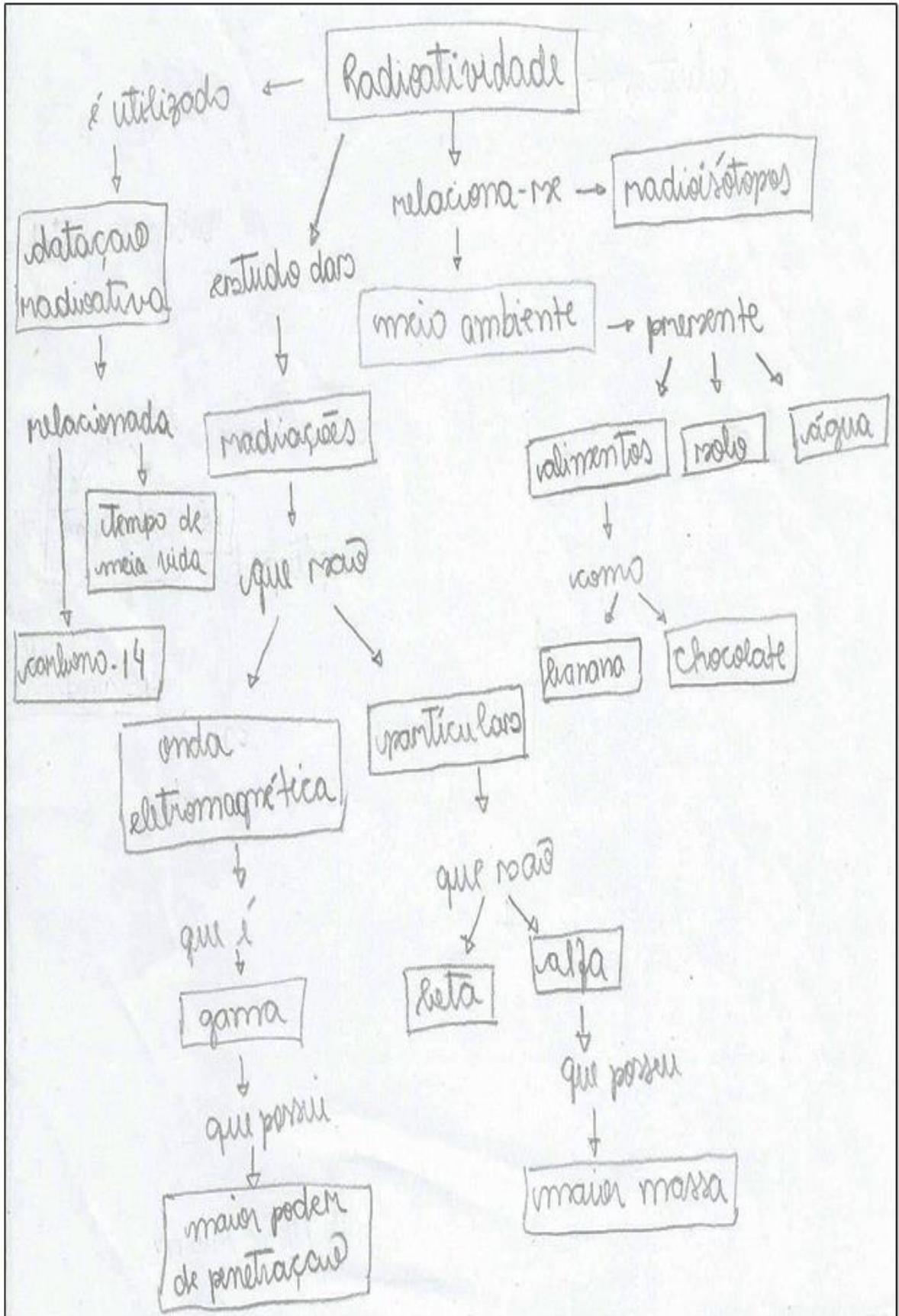
Professor Responsável

ANEXO B – Mapas conceituais pré, pós e de obliteração dos licenciandos

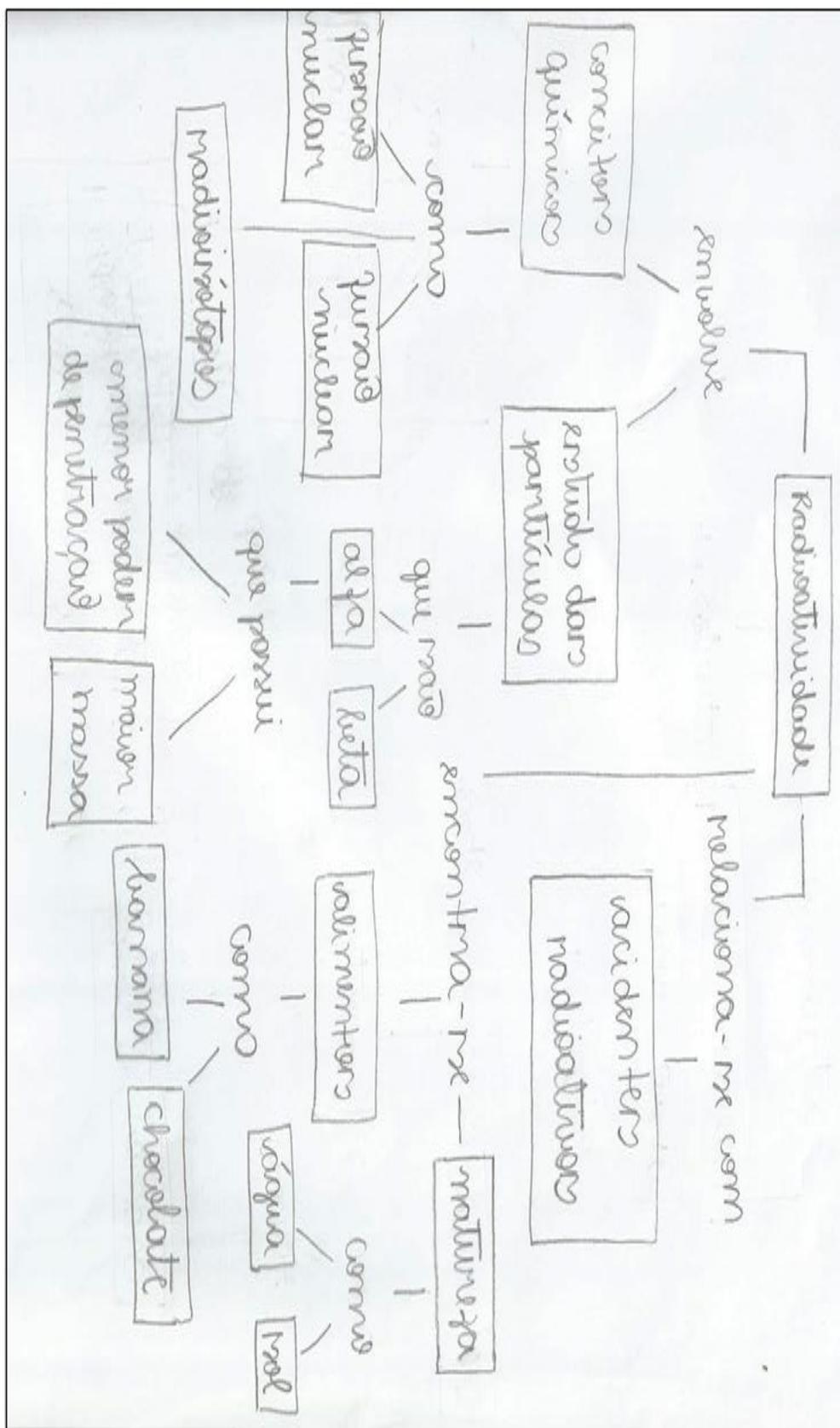
L13 – MAPA ANTES DA FORMAÇÃO



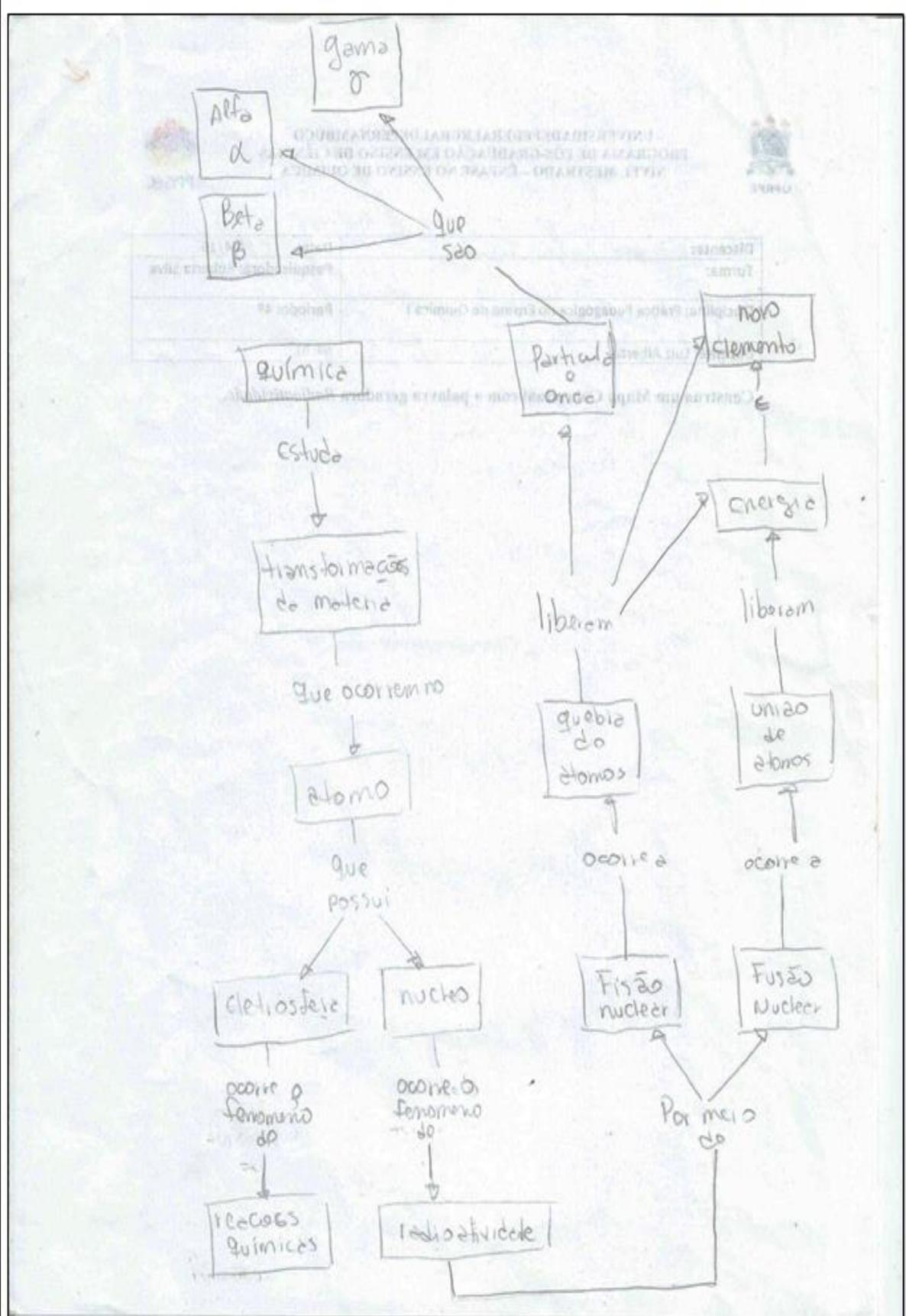
L13 – MAPA PÓS-FORMAÇÃO



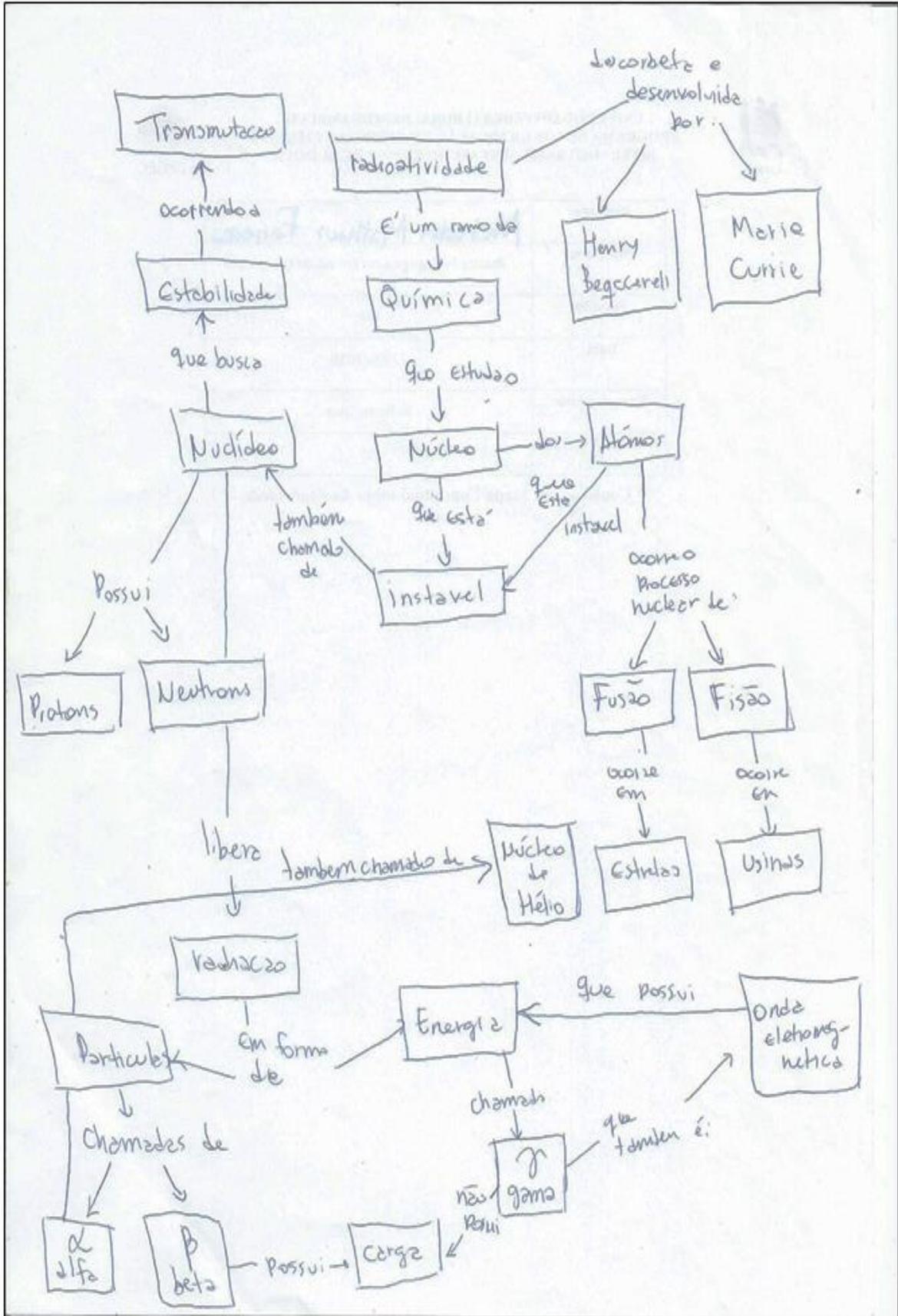
L13 – MAPA DO TEMPO DE OBLITERAÇÃO



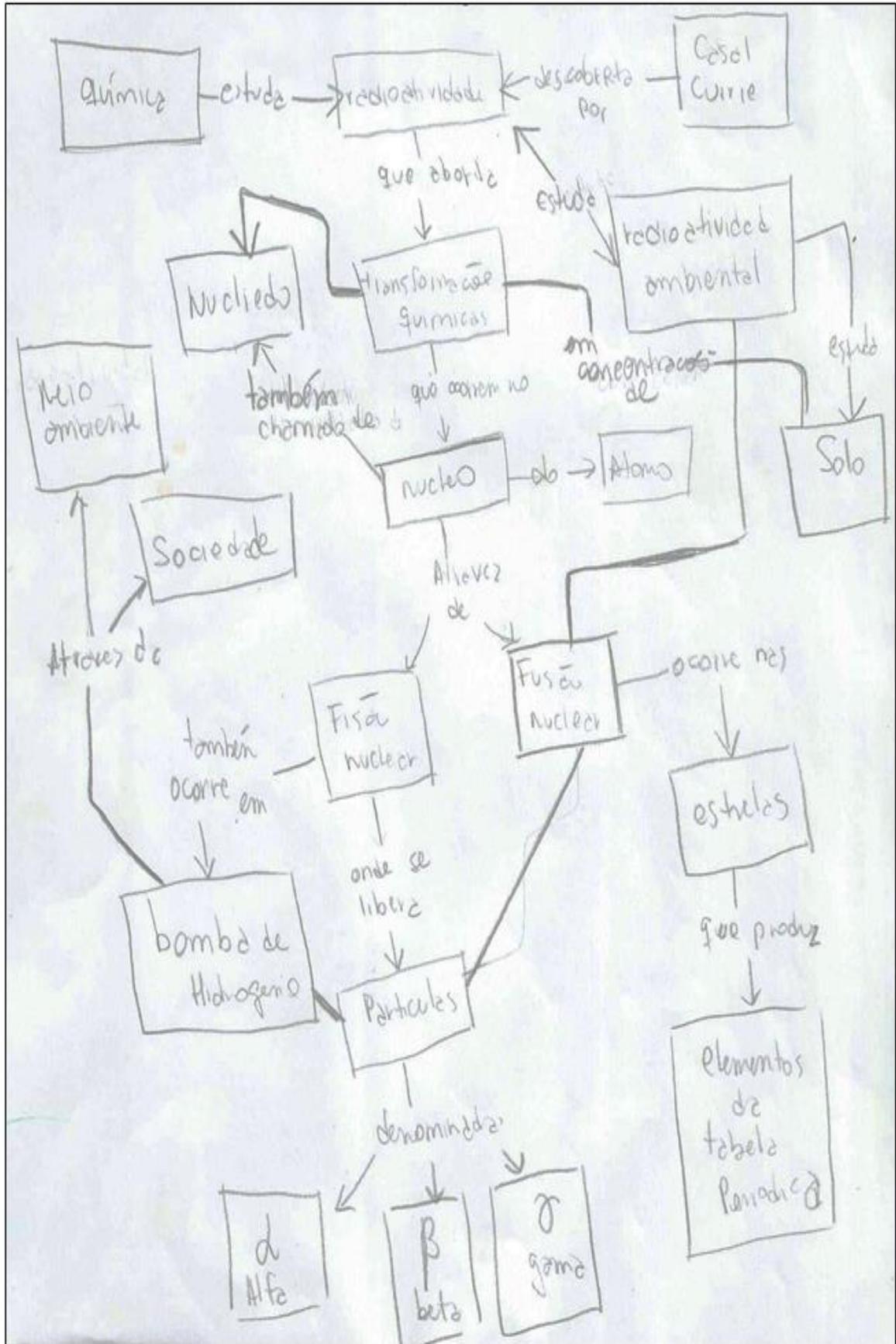
L16 – MAPA ANTES DA FORMAÇÃO



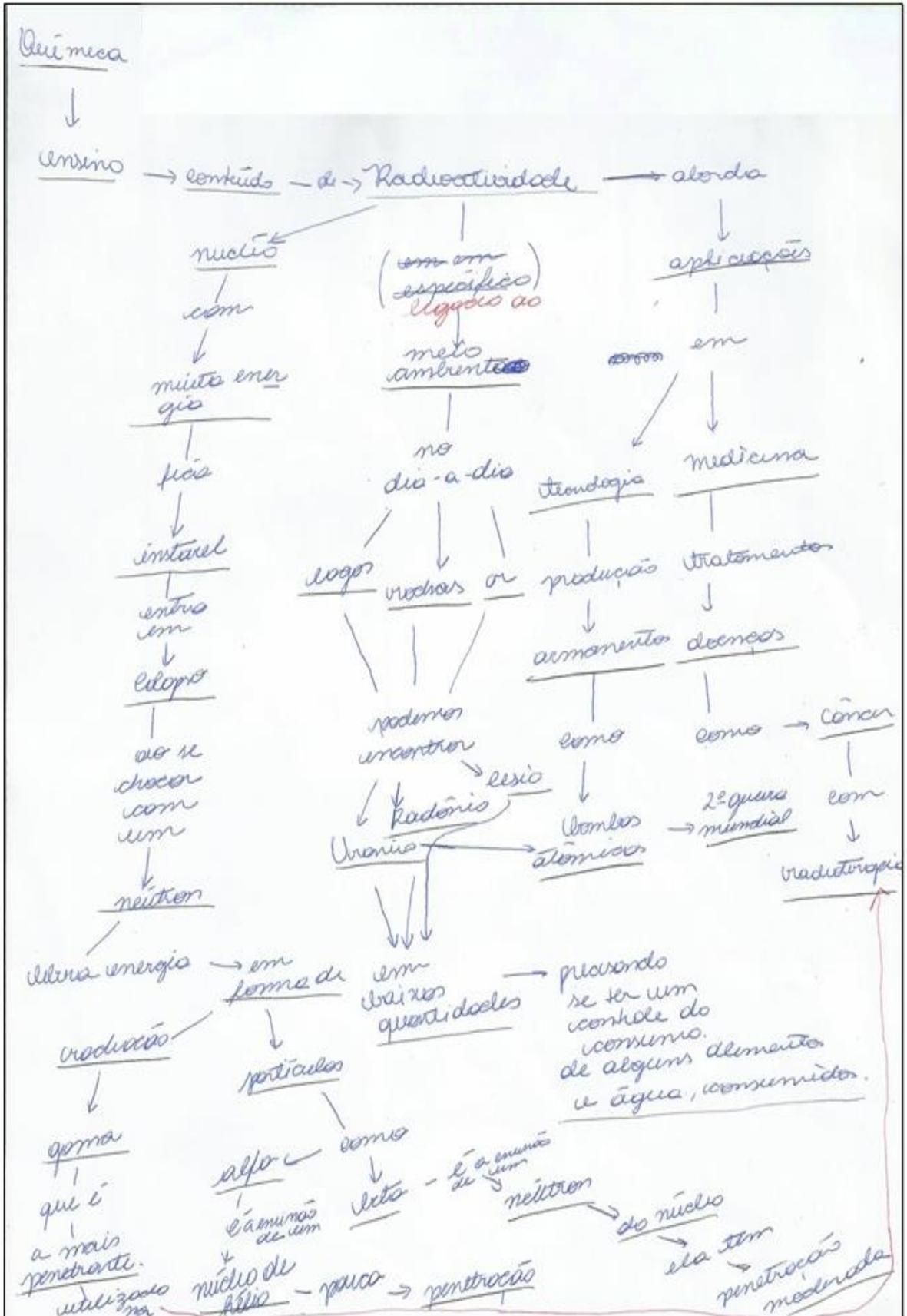
L16 – MAPA PÓS-FORMAÇÃO



L16 - MAPA DO TEMPO DE OBLITERAÇÃO



L17 - MAPA DO TEMPO DE OBLITERAÇÃO



ANEXO C – Planos de aula dos licenciandos

PLANO DE AULA DE L13

DADOS
Escola: Escola Alfa Docente: LICENCIANDO 13 Duração da atividade: 45min <input type="checkbox"/> Ensino Fundamental <input checked="" type="checkbox"/> Ensino Médio 2º Ano Tema: Radioatividade Ambiental Disciplinas envolvidas: Química
OBJETIVOS
Objetivo Geral <ul style="list-style-type: none"> Definir o conceito de radioatividade e relacioná-la ao meio ambiente. Objetivos Específicos <ul style="list-style-type: none"> Apontar os usos da radioatividade em nosso cotidiano; Apontar benefícios e riscos da radioatividade em relação ao ambiente e a sociedade.
METODOLOGIA
<ol style="list-style-type: none"> À princípio, perguntar aos alunos o que eles entendem por radioatividade; Questionar aos alunos onde esse fenômeno pode ser usado; Apresentar o símbolo do trifólio e explicar sua utilidade e importância; Relembrar o conceito de átomo; Apresentar os tipos de radiações e os seus efeitos no corpo humano e no meio ambiente; Apresentar as aplicações da radioatividade.
RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> Quadro branco; Piloto; Slide.
AVALIAÇÃO
Observação da participação e interação do aluno com a aula.
ATIVIDADE
A turma será separada em dois grupos onde um deles apresentará os riscos, e o outro, os benefícios ligados ao uso da radioatividade para o meio ambiente.
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
<ul style="list-style-type: none"> FELTRE, RICARDO <i>Química – Química Geral, São Paulo, Moderna 2004;</i> USBERCO E SALVADOR <i>Química – Química Geral, São Paulo, Editora Saraiva, 2000.</i>

PLANOS DE AULA DE L16

PLANO DE AULA
TEMA: Radioatividade
CONTEÚDO
Radioatividade Ambiental
OBJETIVOS
GERAL: Mostrar aspectos gerais da Radioatividade e Meio ambiente.
ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"> • Nivelamento dos conhecimentos da classe sobre a radioatividade e meio ambiente. • Produzir reflexões e discursões sobre esse tema com relação ao meio social. • Construir bases de conhecimento científico sobre radioatividade. • Conciliar esse conhecimento com o de meio ambiente
METODOLOGIA
<ul style="list-style-type: none"> • Introduzir a classe o que eles entendem por radioatividade para estabelecer um caminho adequado para a construção do conhecimento. (5min.) • Produzir questionamentos conflitantes com o uso de recursos digitais, como, data show, e vídeos (como o acidente provocado em Chernobyl (5min), como também o uso de procedimentos médicos na cura do câncer e doenças que relacionem conceitos que abordem a radioatividade como tema (5min)). • Abrir espaço para discursões (10min). • Apresentação do conhecimento científico de radioatividade, e relacionar com os recursos apresentados no tópico anterior, com o meio social e ambiental (10 min). • Aplicação da avaliação (15min).
AVALIAÇÃO
A avaliação será feita no primeiro momento com base na participação da classe no apropriamento do conteúdo em toda a aula, em um segundo momento será feita uma confecção de cartazes em grupos onde a classe irá expor seu conhecimento, e um terceiro momento onde os alunos apresentaram esse conhecimento para o resto da turma.
REFERÊNCIAS
<ul style="list-style-type: none"> • https://prezi.com/ervikjxndzhs/radiacao/ • http://motherboard.vice.com/pt_br/read/os-impactos-da-radioatividade-na-fauna-de-chernobyl • http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/CA/CASemestreAtual/2Parte.pdf • Referência própria.

PLANO DE AULA DE L17

DADOS		
Escola: Escola Menino Jesus		
Professora: LICENCIANDO 17		
Duração da atividade: 45 min		
<input type="checkbox"/> Ensino Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/> Ensino Médio	3 ^a ano
Tema: Radioatividade (Ambiental)		
Disciplinas envolvidas: Química		

OBJETIVOS
<p>Objetivos Geral</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprender conceitos sobre Radioatividade. <p>Objetivos Específico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discutir o conceito de Radioatividade Ambiental; • Construir conhecimento de fenômenos do dia-a-dia.

METODOLOGIA
<ol style="list-style-type: none"> 7. Inicialmente terá a introdução do assunto de Radioatividade; 8. Levantar perguntas contextualizando com o dia-a-dia do aluno, assim como: “O que é Radioatividade?” “Onde podemos encontrar radioatividade?”; 9. Apresentar os diferentes tipos de radioatividade e onde podemos encontra-la. 10. Discutir quais elementos radioativos estão no dia-a-dia. 11. Concluir fazendo um resumo da aula e aplicação de exercícios.

RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> • Data show; • Quadro branco; • Piloto.

AVALIAÇÃO
<p>O professor deve avaliar a interação dos alunos com a aula e ao fim suas concepções após o exercício e aula.</p>

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
<ul style="list-style-type: none"> • USBERCO E SALVADOR <i>Química – Química Orgânica, São Paulo, Editora Saraiva, 2000.</i>