

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

LILIANE DAILEI ALMEIDA GRUBER

**MEDIAÇÃO DO PROFESSOR NO USO DO SOFTWARE
EDUCATIVO CIDADE DO ÁTOMO: ABORDAGEM DOS TEMAS
ENERGIA NUCLEAR E RADIOATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO**

PORTO ALEGRE

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

LILIANE DAILEI ALMEIDA GRUBER

**MEDIAÇÃO DO PROFESSOR NO USO DO SOFTWARE
EDUCATIVO CIDADE DO ÁTOMO: ABORDAGEM DOS TEMAS
ENERGIA NUCLEAR E RADIOATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção
do grau de Doutor em Química.

Orientador: Prof. Dr. José Cláudio Del Pino

Porto Alegre, 17 de dezembro de 2014.

A presente tese foi realizada inteiramente pelo autor, exceto as colaborações as quais serão devidamente citadas nos agradecimento, no período entre julho de 2010 e dezembro de 2014, no Instituto de Química da Universidade Federal do rio Grande do Sul sob Orientação do Professor Doutor José Cláudio Del Pino. A tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Química pela seguinte banca examinadora:

Comissão Examinadora:

Profa. Dra. Camila Passos Greff
Instituto de Química – UFRGS

Prof. Dr. Marco Flôres Ferrão
Instituto de Química – UFRGS

Profa. Dra. Renata Hernandez Lindemann
Universidade Federal do Pampa –
UNIPAMPA

Prof. Dr. Odoaldo Ivo Rochefort Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS

Prof. Dr. José Cláudio Del Pino
Instituto de Química – UFRGS

Liliane Dailei Almeida Gruber

AGRADECIMENTOS

Ao longo do desenvolvimento do presente trabalho, diversas pessoas contribuíram para a sua realização. Assim agradeço a toda minha família e amigos, que de forma incondicional e paciente, compreenderam minhas ausências e os momentos difíceis durante essa caminhada.

Agradeço o importante apoio e incentivo dos amigos e colegas do IFSul Câmpus Charqueadas que, com diversas atitudes, seja orientando e compartilhando informações e experiências profissionais, seja pela convivência e compreensão e até mesmo auxiliando para que minhas atividades docentes continuassem, fizeram parte da concretização da presente pesquisa.

Um especial agradecimento ao meu orientador, Prof. Dr. José Cláudio Del Pino, que aceitou o desafio de orientar em tempo recorde a construção desse trabalho. Obrigada pela confiança, oportunidade concedida e pela importante contribuição para minha formação.

Por último, e não menos importante, dedico um agradecimento especial aos alunos que participaram dessa pesquisa. Sem eles, com certeza, nada seria realizado.

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. OBJETIVOS.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. A INFORMÁTICA EDUCATIVA.....	16
2.2. EDUCAÇÃO QUÍMICA.....	21
2.3. MATERIAIS DIDÁTICOS INFORMATIZADOS NA EDUCAÇÃO QUÍMICA.....	23
3. PARTE EXPERIMENTAL.....	38
3.1. O LOCAL DA PESQUISA.....	38
3.2. SUJEITOS DA PESQUISA.....	39
3.3. MATERIAIS.....	40
3.4. PLANEJAMENTO E SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	41
3.5. COLETA DE INFORMAÇÕES.....	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1. REFLETINDO SOBRE O PLANEJAMENTO E CONTEÚDO.....	46
4.2. O FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE CIDADE DO ÁTOMO.....	50
4.3. A COMPREENSÃO DO PROBLEMA PROPOSTO EM CIDADE DO ÁTOMO (ALGUMAS TRAJETÓRIAS).....	55
4.4. A INSPEÇÃO RADIOLÓGICA DA USINA NUCLEAR.....	59
4.5. A ANÁLISE DA RADIAÇÃO DE FUNDO NA REGIÃO DA CIDADE DO ÁTOMO.....	62
4.6. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS E LINGUAGENS.....	66

4.7. DESEMPENHO GERAL - AVALIANDO ATIVIDADES ATRAVÉS DO LIUN.....	68
4.7.1. Resultados da questão número 1 - a localização e caracterização da usina termonuclear.....	69
4.7.2. Resultados da questão número 2 - valores de proteção radiológica.....	72
4.7.3. Resultados da questão número 3 – conclusão.....	76
4.7.4. Resultados da questão número 4 - produção textual.....	78
4.8. O JOGO DE REPRESENTAÇÃO DE PAPÉIS.....	81
4.8.1. A utilização do software Cidade do Átomo para o jogo de representação de papéis.....	82
4.8.1.1. Grupo de estudo número um.....	86
4.8.1.2. Grupo de estudo número dois.....	95
4.8.1.3. Grupo de estudo número três.....	102
4.8.1.4. Algumas considerações acerca das atividades dos grupos de estudo.....	113
5. CONCLUSÕES.....	114
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
7. ANEXOS.....	124
7.1. MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO ENVIADO AOS RESPONSÁVEIS DOS SUJEITOS INVESTIGADOS.....	124
7.2. PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS DURANTE A PRÁTICA PEDAGÓGICA SOBRE OS ASSUNTOS ENERGIA NUCLEAR E RADIOATIVIDADE.....	126

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Tela do objeto de aprendizagem Espalhamento de Rutherford, ilustrando o bombardeamento com partículas alfa de um núcleo atômico segundo o modelo de Rutherford.....	26
Figura 2: As duas telas do OA EQUIL v2. Em (A) é possível configurar o sistema simulado através de dos quatro objetos de interação: temperatura e concentração molar inicial de reagentes e produtos. Em (B), visualiza-se os três níveis de representação do fenômeno do equilíbrio química para a reação de produção do gás iodeto de hidrogênio.....	28
Figura 3: Tela inicial do software educativo Carbópolis.....	30
Figura 4: Tela inicial do software educativo Energos.....	32
Figura 5: Mapa com a localização do município de Charqueadas.....	38
Figura 6: Fotografia da sede do IFSul Câmpus Charqueadas.....	39
Figura 7: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando mensagem de introdução que traz a identificação do problema e tarefas a serem realizadas pelo usuário.	51
Figura 8: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando a última questão do LIUN.....	55
Figura 9: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando a Praça Central de Cidade do Átomo e um dos depoimentos dos personagens (menina na praça).....	56
Figura 10: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando a planta da Usina Termonuclear em que se realiza a atividade de inspeção das doses recebidas pelos trabalhadores.....	59
Figura 11: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando a ferramenta Biblioteca.	60
Figura 12: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando a região de Cidade do Átomo. Nos detalhes pode-se observar amostradores instalados e menu de Análise acessado.....	63

Figura 13: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando os itens solicitados na questão número dois LIUN.....	63
Figura 14: Gráfico com o desempenho geral obtido na análise do LIUN dos sujeitos estudados.....	69
Figura 15: Gráfico ilustrando os percentuais de acertos conforme a resposta considerada como padrão.....	71
Figura 16: Respostas apresentadas para o item a da questão 2.....	73
Figura 17: Respostas corretas apresentadas nos itens a, b e c da questão número 2 do LIUN.....	75
Figura 18: Respostas corretas apresentadas nos itens a, b e c da questão número 2 do LIUN.....	75
Figura 19: Gráfico com a distribuição de respostas para a questão 3.....	77
Figura 20: Ilustração da Praça Central de Cidade do Átomo, com indicação das letras que indicam os depoimentos dos personagens.....	83

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1: Cronograma contemplando conceitos, atividades realizadas e situações envolvidas em cada encontro.....	42
Tabela 2: Descrição das atividades realizadas na primeira aula, situações envolvidas e abordagem do professor.....	46
Tabela 3: Modelo de resposta para a questão número um do LIUN.....	70
Tabela 4: Modelo utilizado como padrão de resposta para a questão número dois do LIUN.....	72
Tabela 5: Questão número 4 e resposta modelo - produção textual.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEQ: Área de Educação Química

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

ATD: Análise Textual Discursiva

CTSA: Ciência, Tecnologia, Sociedade, e Ambiente

DIGAE: Diretoria de Gestão de Assistência Estudantil

ENEM: Exame Nacional do Ensino Médio

IFSul: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense

LIUN: Laudo de Inspeção da Usina Nuclear

MEC: Ministério Educação

OA: Objetos de Aprendizagem

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais

PROEJA: Modalidade de Educação de Jovens e Adultos do Programa Nacional de Integração da Educação Básica com a Educação Profissional

TICs: Tecnologias da Informação e Comunicação

TSI: Tecnólogo em Sistemas para Internet

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

Por considerar que o uso das tecnologias de informação e comunicação às práticas pedagógicas, aliadas à abordagem dos assuntos nucleares é tema relevante, desafiador e ainda pouco explorado, o presente projeto visou criar um espaço de reflexões acerca das relações de aprendizagem e o papel do professor em sala de aula no contexto escolar de nível médio. Para o desenvolvimento dessa pesquisa, utilizou-se metodologia qualitativa. Como instrumentos de coleta de dados utilizaram-se gravações de áudio e vídeo, anotações em diários de aula, produções textuais dos sujeitos investigados e arquivos de registro da navegação realizada no ambiente do software educativo. A utilização de recursos digitais e, principalmente, do software educativo Cidade do Átomo, possibilitou a realização do exercício de representações de papéis, cujo objetivo é abordar assuntos científicos e tecnológicos polêmicos, tal como os relacionados à produção de energia elétrica a partir da energia nuclear. Nessa atividade, os estudantes interpretam diversos papéis de um mesmo contexto, defendendo e debatendo os pontos de vista convergentes de seus personagens. Foi possível evidenciar na participação dos estudantes por meio de questionamentos e relações estabelecidas entre seus pares e com os recursos tecnológicos a formação de um ambiente de interação proveitoso. Esta constatação evidencia a potencialidade do espaço educativo formado, que resultou em reforço do processo ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: software educativo, radioatividade, energia nuclear, jogos educativos.

ABSTRACT

By considering that the use of information technology and pedagogical practices communication allied with an approach of nuclear subject it's a relevant, challenging and yet not well developed theme, the present project aimed to create speculative space about the learning relationship and the role of the educator in a middle school context. To the development of this research were used a qualitative methodology. As data collecting instrument were used audio and video recordings, diary class annotations, textual productions of the analyzed subjects and navigation record files of the educational software ambient. Use of digital resources, mainly the educative software "Cidade do Átomo", enabled the roleplaying game, whose objective is the approach of scientific and technologic polemic subjects, such as the nuclear energy production. In this exercise, the students played various roles on the same context, defending and debating their characters point of view. By the use of questions and discussion of the peer relationship with the technological resource, was possible to bespeak a beneficial interactive environment. This statement endorses the potentiality of the educative space, which resulted in a reinforcement of the teaching-learning process.

Keywords: educational software, radioactivity, nuclear energy, educational game

1. INTRODUÇÃO

A informática educativa é considerada como uma ferramenta potencial para aprendizagem dos conhecimentos científicos. Para as aulas de Ciências, em particular as de Química, computadores e internet, além das possibilidades criadas por todas as tecnologias de informação e comunicação - TICs auxiliam na elaboração de significados e interações, contribuindo para o desenvolvimento de diversas situações de ensino e aprendizagem.

A importância de novas pesquisas, bem como o uso crescente dos computadores e internet na sala de aula, ficam ratificadas por um número cada vez maior estudos publicados. No viés educacional é assunto amplamente discutido, onde é possível encontrar uma variedade de pesquisas abordando técnicas e métodos envolvidos nos processos de aprendizagem. Grupos de pesquisa se empenham na aplicação, e também na elaboração de materiais didáticos informatizados, fundamentados em estratégias pedagógicas que realmente contribuam para uma melhor compreensão conceitual por parte dos estudantes.

No sentido de elaborar estratégias educativas que contribuam para a melhoria da qualidade do ensino, a Área de Educação Química - AEQ desta Universidade desenvolveu projeto para a produção de materiais didáticos informatizados, que visam colaborar para a abordagem do ensino de Ciências e Química seguindo proposições pedagógicas construtivistas. Faz parte da proposta da AEQ a construção de softwares educativos livres, cujos projetos visam aproveitar a máxima interatividade que o computador pode oferecer, além de incluir a abordagem de temas geradores relacionados aos assuntos da Química e do meio ambiente. Dentre as ferramentas computacionais produzidas, está o programa Cidade do Átomo (<http://www.iq.ufrgs.br/aeq/cidatom.htm>), que fez parte da presente pesquisa, sendo um dos produtos da AEQ que se apresenta como uma ferramenta promissora para a Educação em Ciências e Química.

Contudo, observa-se que os estudos na área de Educação Química ainda são escassos e iniciais. Há poucos estudos publicados sobre estratégias de ensino e concepções acerca do conteúdo da Química Nuclear, por exemplo. Essa afirmação é

ratificada quando se realiza rápida consulta aos periódicos e revistas da área de ensino em Ciências e Química. Isto é facilmente verificado no trabalho realizado por Nakibo e Tekin (2006), onde os autores apontam como possíveis causas: pouca importância dada ao conteúdo nas matrizes curriculares; conhecimento escasso desse tema por parte dos professores e a necessidade de muitos conteúdos como pré-requisitos para o ensino da Química Nuclear.

Sabe-se que a utilização das TICs em sala de aula faz parte das tendências atuais nos processos educativos. Na realidade de hoje, os alunos têm acesso, tanto em maior quanto em menor grau, às tecnologias no seu cotidiano. Escolas e professores necessitam colocar em prática uma postura sintonizada com essas tendências de inclusão das novas tecnologias, de acordo com perspectivas construtivistas.

A aplicação das TICs pode servir de subsídio a novas práticas pedagógicas. Embora a informática educativa não seja um meio por si só de resolução para os problemas educacionais, sabe-se que o planejamento - de responsabilidade da ação docente - é fundamental para que seu papel seja o de suporte e adequação à prática pedagógica, visto que somente assim contribuirá para os processos de ensino-aprendizagem.

Por considerar-se que aplicação das TICs às práticas pedagógicas, aliadas ao ensino dos assuntos energia nuclear e radioatividade é tema relevante, desafiador e ainda pouco explorado, o presente projeto visa criar um espaço de reflexões acerca das relações de aprendizagem e o papel do professor em sala de aula no contexto escolar de nível médio. Tais reflexões apoiaram-se sob as perspectivas construtivistas e teorias contemporâneas de desenvolvimento cognitivo.

Além de implementar o uso de TICs na sala de aula para a abordagem dos temas radioatividade e energia nuclear, visando a análise dos processos de ensino e aprendizagem, esse trabalho se propõe acompanhar e analisar os sujeitos da pesquisa nas atividades que envolveram o uso do software educativo Cidade do Átomo. Tal ferramenta possibilita desenvolver uma prática denominada representação de papéis, visto que utiliza estratégia de resolução de problemas e simulações. Essa estratégia oportuniza discussões, formulações e compreensão conceitual no que tange a conceitos

muito formalizados ou assuntos polêmicos e controversos. Finalmente, a atividade de representação de papéis auxilia processos de aprendizagens, os quais provavelmente não seriam desenvolvidos somente em aulas expositivas ou a partir de informações obtidas em livros didáticos de Química.

A partir do exposto nos parágrafos acima, a estruturação dessa pesquisa prossegue para o capítulo 2, com a realização de revisão da literatura acerca da Informática Educativa e os materiais didáticos informatizados na Educação Química. Além disso, consta uma pequena revisão acerca do software educativo empregado nessa pesquisa, bem como seu histórico e caracterização.

Os capítulos 3 e 4 apresentam, respectivamente, a metodologia e resultados e discussão. Na metodologia, destaca-se a linha de trabalho seguida, e informações a respeito da coleta de dados e dos sujeitos da pesquisa, além do planejamento da prática pedagógica. Os resultados alcançados na presente investigação estão descritos e analisados, constituindo num espaço de reflexões sobre os diversos aspectos observados e vivenciados no decorrer desse trabalho.

O capítulo de número 5 compreende a conclusão dessa tese. Os dados obtidos no decorrer da pesquisa estão presentes de forma mais objetiva.

Por fim, têm-se os capítulos referentes às referências bibliográficas utilizadas (capítulo 6) e aos anexos (capítulo 7). Os principais materiais empregados nas atividades com os estudantes encontram-se em anexos, além do modelo do termo de consentimento informado e esclarecido enviado aos responsáveis dos sujeitos investigados.

1.1. OBJETIVOS

Considera-se importante destacar as convicções de que um processo de ensino e construção de saberes permeados por interações entre sujeitos e tecnologias, combinado ao planejamento e mediação do professor, supera a mera transmissão de conhecimento. Assim, o potencial da Informática Educativa e as possibilidades apontadas no uso de recursos tecnológicos, principalmente da ferramenta Cidade do Átomo, defende-se

mediar os referidos recursos, abordando temas nucleares visando a construção de saberes de forma mais articulada e conectada com o cotidiano dos estudantes.

Detalhadamente, tem-se como objetivos específicos:

a) desenvolver e analisar uma proposta didática articulada entre os assuntos abordados, entre eles a atomística, radioatividade e energia nuclear utilizando recursos educacionais digitais;

b) acompanhar a interação entre estudantes e recursos tecnológicos e analisar os resultados da utilização do software educativo Cidade do Átomo no processo de apropriação dos assuntos abordados;

c) descrever e analisar o papel o do professor durante a mediação no uso dos recursos educacionais digitais e a abordagem dos assuntos radioatividade e energia nuclear;

d) verificar a contribuição e analisar a percepção dos estudantes após a utilização da ferramenta Cidade do Átomo como estratégia pedagógica na atividade de representação de papéis para a discussão da temática produção de energia elétrica a partir da energia nuclear.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A INFORMÁTICA EDUCATIVA

A disseminação da informática fez com que o computador e suas tecnologias chegassem às escolas, oferecendo possibilidade de mudança nas interações dentro e fora da sala de aula. Assim, a relação entre as tecnologias e o processo de educar na atualidade tem atraído atenção generalizada e, por si só, pode ser considerada um desafio para os profissionais da educação e áreas correlatas (Tajra, 2011).

No panorama da emergência da cultura da interatividade, há de se destacar a importância do elo entre pedagogia e a era da informação. A sala de aula deve estar em sintonia com esta emergência da interatividade, com uma postura da nova dimensão da comunicação. O desafio da interatividade significa levar em consideração o modo mais comum de leitura das novas gerações, a transmissão de informações hipertexto: não linear, dinâmica, onde a recepção e emissão atuam juntas, ou seja, uma comunicação essencialmente interativa (Silva, 2012).

É possível considerar a informática educativa como o uso da informática na educação. Uma possível definição seria a área científica que tem como objetivo de estudo o uso de equipamentos e procedimentos da área de processamento de dados no desenvolvimento das capacidades do ser humano, visando a sua melhor integração individual e social. Com vistas nessa definição, uma possível postura educacional que surge é o ensino da computação, ou seja, tornar o aluno apto a somente operar determinados softwares. No entanto, essa postura se relaciona somente aos fins da informática, resultando na já mencionada subutilização dos recursos computacionais. Portanto, observa-se a importância de uma postura crítica do educador para obter da informática educativa todas suas vantagens, focando o uso de computadores nas práticas de ensino e aprendizagem (Cox, 2008).

Do ponto de vista dos processos de aprendizagem, sabe-se que o desenvolvimento cognitivo se constrói a partir de mediações com objetos, os quais podem ser livros, palavras, imagens, por exemplo. Considerando a psicologia de Vigostki, o pensamento é construído através de processos sociais, ou seja, a relação

entre pessoas, e da atividade mediada (relação do sujeito com o objeto). Sob a perspectiva de interação social, uso de instrumentos e transformação da atividade prática social e cultural, pode-se entender o início do processo de mediação:

O caminho do objeto até à criança e desta até o objeto passa através de outra pessoa. Essa estrutura humana complexa é o produto de um processo de desenvolvimento profundamente enraizado nas ligações entre história individual e história social (Vigotski, p. 20, 2007).

O uso de instrumentos na atividade da mediação homem-ambiente e sistemas de signos são produtos da sociedade para Vigotski. A sociedade cria instrumentos e signos ao longo de suas histórias e assim modificam e influenciam seus desenvolvimentos sociais e culturais. Fazendo uma analogia, pode-se inferir que o computador é resultado da cultura na atualidade e ao mesmo tempo, instrumento.

Freitas (2008) relaciona a ideia de instrumento técnico e simbólico em Vigotski para compreender o papel mediador do computador e da internet como instrumentos tecnológicos e simbólicos:

[...] Como instrumento informático o computador é um operador simbólico, pois seu próprio funcionamento depende de símbolos. Seus programas são construídos a partir de uma linguagem binária. Para acioná-lo temos que seguir instruções escritas na tela, movimentando o mouse entre diferentes ícones ou usando o teclado (com letras e números) para redigir instruções e colocá-lo em ação. A navegação pela Internet é toda feita a partir da leitura/escrita. É lendo/escrevendo que interagimos com pessoas a distância através de e-mail, ou de bate papos em canais de chats ou participamos de comunidades como nos Orkuts (Freitas, 2008).

Dessa forma, em tempos de uso das tecnologias nos ambientes escolares, cada instrumento de mediação cria funções específicas, que se transformam, na medida em que os sujeitos aprendem a usá-las. Assim, é possível afirmar que o uso do computador, como instrumento de mediação, pode influenciar comportamentos, processos sociais e as formas de pensamento dos sujeitos que o utilizam.

No contexto das ciências naturais (Biologia, Física e Química), espera-se que as atividades de ensino e aprendizagem estejam voltadas para uma formação num sentido amplo, nas quais devem prevalecer abordagens reais do cotidiano conectando teoria e prática, abordagem de aspectos sociais, políticos e econômicos, todos vinculados aos

conteúdos do currículo e saberes dos estudantes. É defendida uma construção coletiva de conhecimentos em atividades diversificadas, nas quais o estudante faça a formalização dos conceitos e métodos da Ciência a partir do concreto para o abstrato (Brasil, 1999).

Novas ferramentas comunicacionais informatizadas destinadas à veiculação e construção do conhecimento estão sendo desenvolvidas, tendo a característica de integrar diversos meios em um único. Ao contrário do livro, considerado um meio estático que serve de suporte apenas para representações visuais no formato bidimensional (Chassot, 1993), os novos meios articulam representações visuais animadas, representações sonoras e o próprio texto escrito, que também pode ganhar movimento (Giordan, 2005). Essas ferramentas se mostram como uma aplicação pertinente, que possibilitam, por exemplo, desenvolver a formação da cultura científica e tecnológica dos estudantes, promovendo a educação e alfabetização científicas.

Esses novos meios podem ser referidos como multimídia, hipertexto e hipermídia (Meleiro e Giordan, 1999). Desse modo, surge o termo objeto de aprendizagem - OA, cujo conceito tem recebido atenção considerável por parte da comunidade da pesquisa em educação. Um determinado meio pode ser classificado como OA quando utiliza várias modalidades de mídia em um contexto educacional, transformando-se em materiais didáticos informatizados. Os OA caracterizam-se por serem de fácil acesso por qualquer pessoa, auto-instrutivos e reutilizáveis. Por reutilizáveis, entende-se que o objeto de aprendizagem deve ser indexado e armazenado em um repositório, podendo ser recuperado e reutilizado sempre que necessário (Churchill, 2007).

Um software educativo, por sua vez, pode ser definido como qualquer programa que seja utilizado para atingir fins educacionais, isto é, desenvolvido exclusivamente para tal finalidade. Portanto, qualquer software pode ser empregado para alcançar algum resultado educativo (seu fim não era educacional), porém, pode ser usado com tal objetivo. Pode-se citar como um exemplo os editores de texto (Tajra, 2011).

Os programas interativos e os programas simuladores voltados a aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem podem ajudar os alunos a transformar o modelo em

seu próprio senso comum. Assim, os recursos oferecidos pela informática fornecem ambientes de aprendizagem que promovem a interação do aluno com o sistema. Tais ambientes simulam uma realidade para analisar, observar, e/ou modificar parâmetros, promovendo uma melhor compreensão conceitual (Vivas et al., 2010).

É possível ampliar os espaços educativos fazendo-se uso das tecnologias da informação e comunicação. Exemplos segundo o aspecto sobre o uso de computadores, em particular a internet na educação, são o aumento das possibilidades de comunicação e acesso a informação através de correios eletrônicos, blogs, redes sociais e toda a gama de programas que permitem conversas instantâneas entre os usuários.

No contexto do ensino de ciências, com objetivo de transpassar métodos tradicionais de ensino, o potencial das TICs está relacionado à reestruturação do currículo e a redefinição da prática pedagógica. Essas proporcionam acesso a uma infinidade de informações e recursos que podem auxiliar estratégias de ensino focadas em desenvolvimento da capacidade de avaliação, de compreensão e reflexão crítica acerca dos assuntos pesquisados (Osborne & Hannessy, 2003).

Conforme Ferreira (1998), a internet é uma ferramenta que propicia expansão da sala de aula, através da procura e troca de informações, imagens e dados. Conduz a um novo modelo que coloca o estudante como responsável pelo aprendizado, junto ao professor. Consiste em mais um suporte além dos tradicionais, como livros, revistas, visitas técnicas, seminários e vídeos. O uso da Internet no ensino tira o caráter de conhecedor único do professor, conduzindo a um novo modelo no qual a responsabilidade pelo aprendizado passa pela busca individual do estudante. Para isso a escola tem que estar estruturada e o professor preparado para este novo tipo de interação com o estudante.

A aplicação das TICs em sala de aula para o ensino de Ciências e de Química tem sido investigada por Giordan (2008). O autor destaca a necessidade de se orientar os trabalhos para projetos que considerem os efeitos dos ambientes de informação, haja vista a dificuldade de se compreender alterações nos processos de construção de pensamento e comunicação:

[...] Estas duas características do computador e da própria internet nos convocam a debater diversas questões de grande interesse para a sociedade,

em particular de segmentos ligados a educação. Alterações nos processos de construção de pensamento e comunicação não são imediatamente apreendidas pelas instituições, e especialmente pela escola, pois elas ocorrem no bojo de outras transformações estruturais nos meios de produção e nas relações de poder que afetam com mais força nosso cotidiano.

[...] Para se compreender as funções das TICs no ensino e aprendizagem é necessário, portanto, voltar a atenção para os efeitos produzidos pelas suas formas de uso na sala de aula, quando elas estão imersas em um contexto que as toma como meios mediacionais capazes de sustentar a realização de ações motivadas por propósitos definidos pela própria cultura da sala de aula (Giordan, 2008, p. 22 e 23).

Para Hodson (1994) “acostumar-se à prática científica” envolve muito mais do que ter conhecimento da observação e experimentação; inclui compreender como se dá a investigação científica e o que ela relata. Para atingir este nível de compreensão, é preciso diversas outras experiências de aprendizagem ativa, por exemplo, estudos utilizando casos históricos, simulações e reconstruções, representar papéis e debater, realizar atividades e experiências com o computador que impliquem reflexão.

Atualmente muito se tem discutido sobre as aplicações em sala de aula de softwares educacionais. Entende-se que alguns deles podem ser considerados como ferramentas que auxiliam o aluno a raciocinar a respeito de certos fenômenos. Alguns autores (Lin et al, 1995; Silverman, 1995 e Starr, 1997 *apud* Guterres, 2004) quando os conceitos são muito formalizados ou abstratos, são recomendáveis estratégias de solução de problemas e simulações antecedendo ao desenvolvimento de projetos. A presença do ambiente virtual, que permite simular situações do mundo real, possibilita ao aluno a oportunidade de aplicar o conhecimento teórico usando um ambiente realístico (Rodrigues et al., 2008). Um dos tipos de software educacional que possibilitam essa abordagem é o que utiliza características de simulação (Eichler e Del Pino, 2000b).

Desse modo, as simulações computacionais têm sido defendidas como ferramentas úteis para a aprendizagem de conceitos científicos (Eichler e Del Pino, 2000b). Por fornecerem ambiente interativo para o aluno manipular variáveis e observar resultados imediatos, decorrentes da modificação de situações e condições, suas

vantagens estão relacionadas com os modos de construção do conhecimento. Assim, como o nome sugere, em uma simulação se espera que o comportamento daquilo que está sendo simulado represente a operação do sistema real, incluindo as suas regras e as de seus processos, segundo as leis, teorias ou modelos, que o descrevem e o explicam. No entanto, em tais atividades, não há a prescrição de uma forma única de abordar o sistema simulado. Isso se dá à vontade do usuário, de sua interação com a simulação. Ou seja, nos aspectos educacionais, o que interessa é o quê o estudante pode aprender do sistema simulado, sem as limitações ou perigos que o sistema real possa ter (Hodson, 1999).

2.2. EDUCAÇÃO QUÍMICA E ORIENTAÇÕES CURRICULARES

O desenvolvimento de abordagens escolares com temas envolvendo produção de energia termonuclear está de acordo com as orientações expressas pelo Ministério da Educação para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio nos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (Brasil, 1999, 2002, 2006).

Há, assim, necessidade de superar o atual ensino praticado, proporcionando o acesso a conhecimentos químicos que permitam a “construção de uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada...” (Brasil, 1999, p. 241).

Os PCN também chamam a atenção para o papel da informática na educação em relação ao desenvolvimento de competências e habilidades a serem trabalhadas no ensino médio. Assim como a consideração da informática enquanto recurso tecnológico, cujo papel é relevante no cotidiano atual: “reconhecer a Informática como ferramenta para novas estratégias de aprendizagem, capaz de contribuir de forma significativa para o processo de construção do conhecimento, nas diversas áreas” (Brasil, 1999, p.189).

É defendida a contextualização como um dos eixos centrais no ensino de química, abordando situações reais do cotidiano que priorizam articulações dinâmicas entre teoria e prática, favorecendo uma construção coletiva de conhecimentos em atividades diversificadas. Assim, efetivas possibilidades de contextualização dos conhecimentos químicos, que os tornem socialmente relevantes, são construídas a partir de abordagens que não dissociam a teoria do cotidiano, que não são meros elementos

ilustrativos, resultando em práticas afastadas da simples transmissão de verdades prontas e absolutas (Brasil, 2006).

As orientações destacam que pode-se trabalhar, a partir de temas como poluição, recursos energéticos, saúde, cosméticos, plásticos, metais, lixo, química agrícola, energia nuclear, petróleo, alimentos, medicamentos, agrotóxicos... (Brasil, 2006, p. 122).

No contexto das ciências naturais (biologia, física e química), espera-se que as atividades de ensino e aprendizagem devam estar voltadas para uma formação num sentido amplo, nas quais devem prevalecer abordagens reais do cotidiano conectando teoria e prática, abordagem de aspectos sociais, políticos e econômicos, todos vinculados aos conteúdos do currículo e saberes dos estudantes. É defendida uma construção coletiva de conhecimentos em atividades diversificadas, nas quais o estudante faça a formalização dos conceitos e métodos da ciência a partir do concreto para o abstrato (Brasil, 1999).

A citada formação no sentido mais amplo e a necessidade de superação do atual ensino praticado na abordagem dos métodos e dos conteúdos de ciências, vem de encontro com as frequentes discussões sobre as aplicações em sala de aula de softwares educacionais. Entende-se que alguns deles podem ser considerados como ferramentas que auxiliam o aluno a raciocinar a respeito de determinados fenômenos e questões sobre certos conceitos abstratos, visto que podem representar o conhecimento de várias maneiras.

A abordagem da química nuclear, radioatividade e conteúdos afins e toda a potencialidade desta temática tem pouca ou nenhuma cobertura nos conteúdos curriculares de ensino médio. No contexto das pesquisas em educação química sobre estes materiais percebe-se que há uma limitação de trabalhos publicados. Tal fato pode ser justificado pela falta de interesse docente em abordar este assunto. O desinteresse poderia estar relacionado na desinformação dos professores sobre o tema, escassez de bibliografia acessível e informação insuficiente nos currículos de licenciatura em química (Nakibo, L.; Tekin, 2006; Tsarpalis et al.; 2103).

Outros trabalhos também ratificam a ausência de abordagem da temática nuclear nas escolas. Os resultados do estudo realizado por Colclough (2007) com estagiários das

licenciaturas de química, física e biologia no Reino Unido evidenciam que o conhecimento dos licenciandos é incompleto e apresenta problemas de concepção com relação aos conceitos de radioatividade e radiações ionizantes e seus efeitos. Um outro exemplo é trabalho de Anjos (2001), no qual o autor sugere que os professores de ensino médio não estariam aptos a trabalharem com seus estudantes conteúdos sobre acidentes nucleares ou radiológicos. Isto seria uma consequência de currículos que não contemplam os tópicos sobre radiações ionizantes e seus efeitos biológicos e proteção radiológica nos cursos de Física das universidades Brasileiras.

Por outro lado, é reconhecido o interesse nos assuntos envolvendo ciência nuclear por grande parte dos estudantes. As notícias que são veiculadas na mídia relacionando acidentes nucleares, questões energéticas, problemas ambientais e aplicação de radioisótopos tornam presente estes conteúdos no cotidiano. Outras formas de apresentação destes temas estão no contexto brasileiro, assim como aspectos históricos e de aplicações (Xavier et al., 2007; Chassot, 1995).

2.3. MATERIAIS DIDÁTICOS INFORMATIZADOS NA EDUCAÇÃO QUÍMICA

No ensino e aprendizagem dos métodos e dos conteúdos de Ciências, e também de Química, muito se tem discutido sobre a aplicação de tecnologias digitais em sala de aula de softwares educacionais (Giordan, 2008 e Güllich, 2013). Já em 1999, os PCNs orientavam que os professores deviam conhecer seus alunos, e para isto deveriam ser capazes de adequar seus métodos de ensino utilizando as novas tecnologias da comunicação e informação (Brasil, 1999). Assim, era necessário buscar a construção de um ensino de qualidade, balizado em atividades de debates, questionamentos, investigação e uso das tecnologias, com objetivo de formar cidadãos críticos.

Historicamente, os computadores têm sido utilizados na área da Química desde a década de 1940 (Benite e Benite, 2009). Os autores informam que primeiramente os computadores estavam restritos ao uso para cálculos matemáticos complexos e extensos, sendo que nesta época, não eram aplicados a fins educacionais. Em 1946

houve uma primeira referência dentro da área da Química, onde os computadores foram utilizados para cálculos de mecânica quântica.

A partir de 1959, nos Estados Unidos, professores de Química iniciaram o uso dos computadores dentro das escolas com o objetivo de pesquisa acadêmica (Hood, 1994). Hood descreve que no ano de 1969 houve um registro de informática educativa na Química. Pesquisadores de uma universidade do Texas implementaram um projeto que investigou os efeitos de uma simulação de laboratório para serem utilizados em aulas de Química. Foram aplicados questionários, com o intuito de verificar a aprendizagem dos alunos. Os resultados apontaram que os alunos que utilizaram o material didático computacional alcançaram melhores resultados em comparação com aqueles que não estavam incluídos no projeto de simulação.

Um artigo publicado em março de 1965 no *Journal Chemical Education* registra o desenvolvimento de um programa para o ensino de equilíbrio químico em contexto universitário. Esse trabalho pode ser considerado como um dos primeiros aplicados à resolução de problemas que envolvem cálculos de equilíbrio químico, especialmente equilíbrios iônicos. Foi desenvolvido com o propósito de simplificar a solução das equações e substituir métodos tradicionais à época, que usavam gráficos e equações algébricas (Eichler e Del Pino, 2010).

Desde então, tornaram-se mais frequentes o uso e divulgação dos computadores e softwares no ensino de Química. Tendo como objetivo melhorar a compreensão dos conceitos químicos por parte dos alunos, pesquisadores vêm buscando no computador um progresso para os processos de aprendizagens. A cada dia, o crescente volume de informações favorece o aumento do número de edições dedicadas ao tema. Periódicos, jornais e revistas, internacionais, e mais recentemente nacionais, criaram seções focalizadas no desenvolvimento e aplicação das ferramentas computacionais na educação Química.

O desenvolvimento de métodos computacionais, que levou a uma maior popularização da química computacional no meio acadêmico, demonstra as possibilidades de uso dessa ferramenta. O estudo realizado por Ribeiro e Greca (2003)

evidencia essa situação, onde as autoras investigam o assunto na década de 1990 e analisam resultados de vários artigos selecionados sobre o tema.

Um exemplo atual da contribuição de softwares de simulação é apresentado no trabalho de Raupp e colaboradores (2008). Os autores descrevem o uso de software de química computacional com estudantes da quarta série de um curso técnico em química na cidade de Novo Hamburgo (RS). Com o objetivo de melhorar a compreensão dos alunos quanto aos conteúdos da disciplina de química orgânica básica, foi criado um curso sobre química computacional para abordar as representações espaciais de isômeros geométricos. Os resultados apontaram uma evolução na representação das estruturas moleculares feita pelos alunos após a utilização do software de simulação. Os autores também discutem o uso do referencial vigotskiano para compreender como se processou o aprendizado dos conceitos e representações químicas com o uso do software.

Na perspectiva de pesquisa e aplicação de materiais didáticos informatizados em contexto escolar de nível médio, há uma variedade de recursos tecnológicos disponíveis, sendo que a seleção deve levar em conta o potencial de interação sujeito-objeto, visto que o objetivo é a construção do conhecimento. Dessa forma, como já mencionado anteriormente, o professor desempenha um papel de extrema importância, visto que o uso desses recursos deve ter como objetivo otimizar os processos de ensino e aprendizagem.

Softwares simuladores relacionados ao ensino dos conteúdos de química básica são desenvolvidos pelo grupo de pesquisa PhET da University of Colorado-Boulder¹. As simulações são escritas em Java, Flash ou HTML5 e podem ser executadas online ou baixadas livremente. Atualmente estão disponíveis trinta e oito simulações químicas diferentes, sendo que o diferencial destas ferramentas consiste na qualidade que é sempre monitorada pelo grupo desenvolvedor. Na página constam informações sobre o processo de pesquisa que garante a qualidade educacional, como a realização de entrevistas e testes realizados em sala de aula, além de contemplar o aspecto lúdico em suas simulações visando uma aprendizagem efetiva e divertida.

¹ As simulações interativas do grupo PhET podem ser encontradas em <http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/chemistry>.

Toda tentativa de compreensão de Ciências, particularmente da Química, perpassa pela elaboração de modelos para aquilo que não vemos ou não conhecemos, visando aproximações da realidade. Sob o ponto de vista do ensino de Química, decorrem algumas limitações, para as quais Chassot muito bem descreve:

[...] (1) os modelos destinam-se a descrições de situações com as quais dificilmente interagiremos, e das quais conhecemos apenas os efeitos, e (2) os modelos são simplificações de situações muito diversificadas, para as quais haveria necessidade de milhares de descrições diferentes. Estas duas limitações concorrem muito, ainda que diferentemente, para que determinemos as nossas exigências sobre o modelo que vamos elaborar (Chassot, 2010, p.259).

Nesse panorama, diversas pesquisas sobre o ensino em Química (Mortimer, 1995; Souza, Justi e Ferreira, 2006; Eichler e Del Pino, 2000b) demonstram uma série de problemas quando o assunto é abordar o ensino de modelos atômicos, principalmente aos estudantes de nível médio. Oliveira e colaboradores (2013) utilizaram uma simulação denominada Espalhamento de Rutherford (Figura 1), que reproduz o experimento de espalhamento de partículas alfa realizado pelo cientista Rutherford. Esse OA é um produto desenvolvido e disponibilizado pelo grupo PhET, conforme já informado anteriormente.

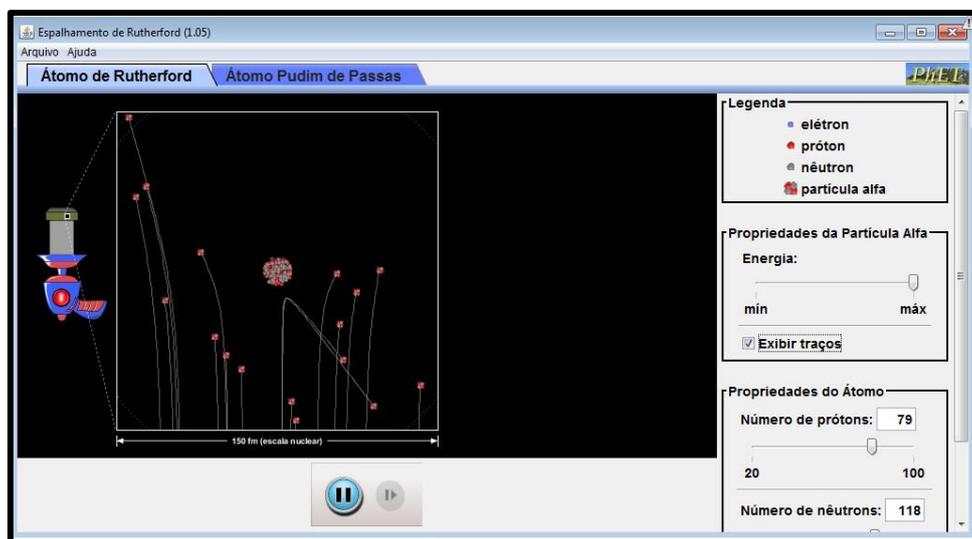


Figura 1: Tela do objeto de aprendizagem Espalhamento de Rutherford, ilustrando o bombardeamento com partículas alfa de um núcleo atômico segundo o modelo de Rutherford.

Como recursos, a simulação apresenta a escolha e visualização dos modelos atômicos de Thomson e Rutherford-Bohr, análise do comportamento atômico quando submetido ao bombardeamento com partículas alfa, verificação da trajetória das partículas, controle do número de prótons e nêutrons, entre outros parâmetros.

Os pesquisadores desenvolveram uma prática pedagógica para o ensino de conceitos da atomística, utilizando a simulação referida e a uma estratégia de aprendizagem denominada Jigsaw. O método Jigsaw é uma estratégia de aprendizagem cooperativa, que pode ou não utilizar o apoio de ferramentas computacionais e possui uma sistemática que se assemelha ao de jogo de um quebra-cabeça. O trabalho de cada aluno é importante, pois é parte essencial para a concretização da tarefa final. Os alunos trabalham em pequenos grupos de estudo, os quais recebem um material didático que é dividido para cada membro estudar a parte que lhe cabe. Alunos que receberam mesmo material de estudo, se reúnem e discutem, trocam informações. Depois dessa troca de informações, os membros retornam aos seus grupos de origem e compartilham o que aprenderam. Ao final, todos os membros entram em contato com todo o conteúdo, e o aprendizado dos alunos pode ser avaliado individualmente (Fatareli et al., 2010; Ferreira, 2009; Oliveira et al. 2013)

Os sujeitos da pesquisa eram 16 estudantes do 9º ano de uma escola pública do estado de Pernambuco. Os resultados obtidos com a prática mostraram que os alunos apresentaram melhor compreensão dos modelos em ciência, além de assimilarem aspectos fenomenológicos e teóricos a respeito dos modelos atômicos. Os autores relatam que os estudantes, antes desmotivados, apresentaram-se participativos e empolgados, reconstruindo conceitos e aplicando as informações no convívio social por meio de debates e apresentações realizadas com a prática.

O tema equilíbrio químico pode ser considerado de extrema importância nos contextos escolares de nível médio e acadêmico, pois é capaz de ampliar e aprofundar concepções relacionadas a outros assuntos da Química. Além disso, geralmente está articulado com outros temas, como o estudo sobre soluções e cinética química. Nos estudos sobre ensino de Química é comum considerá-lo como um dos temas que mais

oferece dificuldades de aprendizagem, já que envolve a compreensão de vários conceitos subordinados (Souza e Cardoso, 2008; Silva, 2007).

O programa EQUIL v2 foi desenvolvido para o ensino de equilíbrio químico (Perry e Andrade Neto, 2006). Em meio à variedade encontrada na literatura envolvendo a temática², EQUIL v2 apresenta como diferencial a realização de diversos experimentos atestando sua usabilidade, além de ter sido premiado no concurso RIVED de produção de objetos de aprendizagem no ano de 2006. A Figura 2 ilustra as duas telas do OA, onde é possível visualizar a simulação do equilíbrio dos reagentes (H_2 e I_2) e do produto (HI).

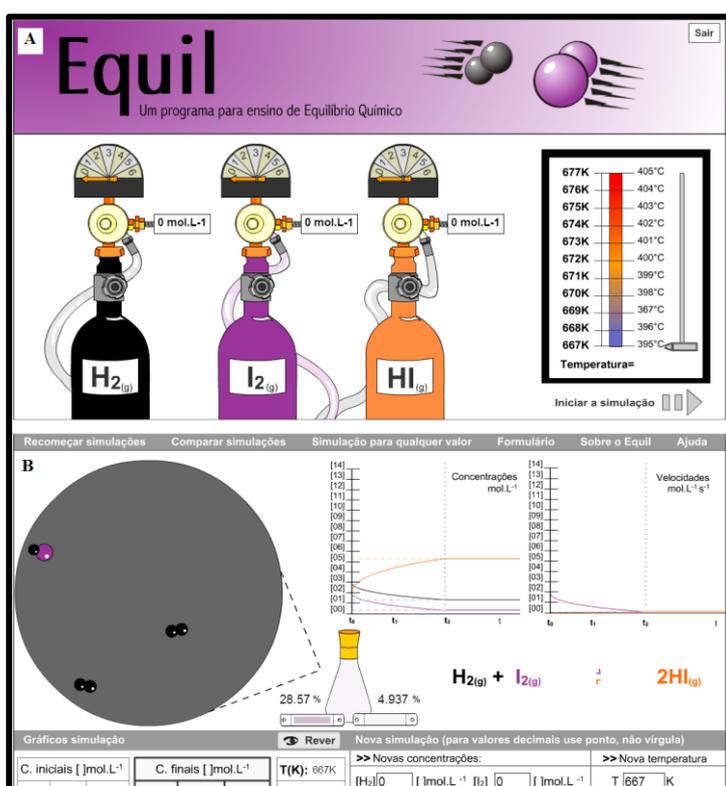


Figura 2: As duas telas do OA EQUIL v2. Em (A) é possível configurar o sistema simulado através de dos quatro objetos de interação: temperatura e concentração molar inicial de reagentes e produtos. Em (B), visualiza-se os três níveis de representação do fenômeno do equilíbrio química para a reação de produção do gás iodeto de hidrogênio.

² São exemplos os objetos e simulações encontrados nos seguintes repositórios:

a) Labvirt < <http://www.labvirt.fe.usp.br/>>; RIVED < http://rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php>

b) Portal do Professor <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>>

c) PhEt Colorado < http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/chemistry>

Além do EQUIL v2, há também o software de simulação Le chat, que se caracteriza como uma ferramenta de qualidade educacional. Pode ser encontrado em <<http://migre.me/oMnN3>>.

O objeto de aprendizagem EQUIL v2 tem como principal característica a articulação dos três níveis de representação: microscópico (enfatizando átomos e moléculas); macroscópico (ou sensório) e simbólico (abrangendo gráficos, fórmulas e equações químicas). Tal característica é considerada extremamente importante por auxiliar a compreensão das diferentes formas de representação necessárias para o equilíbrio químico³. Além dos estudos avaliativos do EQUIL v2 informados pelos autores do OA, há um trabalho de aplicabilidade em sala de aula recentemente publicado por Amador e colaboradores (2014). O trabalho foi realizado com 32 estudantes do segundo ano do ensino médio de uma escola pública no estado do Pará. Após a utilização do OA foi aplicado um questionário aos alunos, com o objetivo de traçar um perfil de aceitação da atividade com o programa. Os autores informaram que 82% dos sujeitos investigados confirmou que o uso de EQUIL v2 promoveu melhor compreensão do conteúdo equilíbrio químico, ressaltando a viabilidade da ferramenta em sala de aula.

Os avanços tecnológicos exigem uma maior utilização de atividades educacionais que levem em conta assuntos sobre o meio ambiente. Sendo assim, cada vez mais presente no dia a dia, a valorização da natureza, em virtude da sempre presente degradação ambiental infligida pelas atividades humanas, a importância da inter-relação homem e ambiente são questões ambientais recorrentes, sob as mais diversas situações. Assume-se, portanto, ser necessário educar em Ciências, tendo como objetivo ampliar a compreensão sobre suas implicações para a sociedade e para a natureza, aproximando o ensino das Ciências Naturais e a Educação Ambiental.

Nesse panorama, muito se tem discutido a respeito dos assuntos e metodologias para o ensino de Ciências na educação básica, considerando-se o papel da escola no desenvolvimento da formação humana. Para tanto, defende-se um ensino que articule conteúdos curriculares, questões sócio-ambientais e conhecimentos prévios dos alunos, visando uma melhor formação do cidadão. Assim, é exigida a realização de atividades

³ EQUIL v2 pode ser acessado em < <http://rived.mec.gov.br/atividades/concurso2006/equil/>> Além do EQUIL v2, cabe ressaltar a presença do software de simulação Le chat, que também se caracteriza como uma ferramenta de qualidade educacional. Pode ser encontrado em < http://nautilus.fis.uc.pt/wwwqui/equilibrio/port/eqq_lechat2.html>.

onde os alunos partam de questões concretas, e a partir de condutas cognitivas, passe a estabelecer relações abstratas entre os assuntos abordados nessas questões. Espera-se, portanto, que a informática educativa possa subsidiar essas atividades, permitindo ensino de ciências de forma integrada.

Alguns trabalhos tem exposto como esse ponto de vista pode ser desenvolvido na sala de aula, através do uso de softwares educativos que utilizam abordagens de temas geradores da pedagogia de Paulo Freire, tais como os temas ambientais. Ainda nesse contexto, abordagens escolares utilizando temas controversos ou polêmicos, tanto no ensino básico, como no superior, tem se multiplicado nos últimos anos. Uma melhor compreensão entre posicionamentos e tais temas, auxiliam na construção de uma nova relação entre os sujeitos e a Ciência (Santos, 2010).

Sob essa perspectiva, encontra-se na literatura a proposição de ambientes virtuais de aprendizagem mediados por computador. São ferramentas que possuem modelagem e implementação baseados em temas geradores. Esses ambientes de aprendizagem apresentam cenários fictícios que unem estratégias de jogos, de simulação e resolução de problemas (Eichler e Del Pino, 2006). A partir de então, os próximos exemplos descritos neste texto apresentam a utilização de softwares educacionais que seguem essa proposta pedagógica.

Questões pertinentes à poluição ambiental envolvida na produção de energia elétrica originada de usinas termoelétricas abastecidas à carvão mineral são abordadas pelo software educativo Carbópolis (Figura 3). Essa ferramenta utiliza uma abordagem lúdica, expondo um problema ambiental dentro do contexto de uma cidade, tornando mais reais os impactos ambientais. Conteúdos relacionados à Química como determinação de pH e conhecimentos de alguns compostos químicos são trabalhados. A utilização de Carbópolis exige bastante leitura e atenção durante a navegação sobre os seus cenários. Segundo os autores, um dos seus maiores objetivos é propiciar um espaço para debates acerca do problema da chuva ácida, que é realizado através do artifício da simulação dos problemas ambientais que ocorrem na cidade fictícia (Eichler e Del Pino, 2000a). Carbópolis está disponível para download gratuitamente em <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/carbopDownload.htm>.



Figura 3: Tela inicial do software educativo Carbópolis.

O problema apresentado ao usuário trata da diminuição da produção agropecuária na região próxima a uma usina termelétrica. Para sua resolução, o software disponibiliza uma série de informações através de hipertextos e de depoimentos de personagens que descrevem o problema. O uso de Carbópolis envolve bastante leitura e atenção durante a navegação sobre seus cenários. Assim, julga-se fundamental a presença do professor que conduz a atividade, atuando como um mediador durante a navegação. Além disso, encontram-se ferramentas como editor de texto, um mapa da região a ser investigada, questionários que auxiliam o usuário na resolução e simuladores de análises. Assim, o estudante terá como tarefas a investigação, elaboração de hipóteses, entrevistas com os personagens, registros e análises com vistas a propor medidas para resolução dos problemas ambientais.

Cabe ressaltar que o programa não realiza uma correção dos relatórios preenchidos pelos estudantes, e assim, abre a possibilidade para o professor que desenvolveu a prática definir como deve ser o processo de avaliação das atividades. Carbópolis já foi extensamente estudado (Eichler e et al, 2003), com artigos publicados quanto a sua aplicabilidade em contextos escolares diferentes (Guterres, et al. 2004), a

elaboração conceitual de estudantes a partir do uso da ferramenta e também foi efetuada uma análise buscando evidenciar os percursos de navegação e os mecanismos psicológicos manifestos pelos sujeitos durante a resolução do problema apresentado pelo software (Eichler e Fagundes, 2005). Portanto, sua utilização pode ser considerada uma boa opção de recurso pedagógico para educação Química e Educação Ambiental.

A partir da ferramenta computacional Energos é possível desenvolver atividades de debates em diferentes níveis escolares sobre os meios de produção de energia elétrica e seus impactos sociais e ambientais. Assim como o software educativo Carbópolis, Energos também pode ser utilizado de forma livre e está disponível em <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/energoss>.

Energos (Figura 4) é um ambiente de aprendizagem que simula a realidade da matriz energética do estado do Espírito Santo e dos mapas do estado do Rio Grande do Sul (Eichler et al., 2006). Por apresentar significativa quantidade de informações textuais, as quais servem de apoio ao usuário para as tarefas propostas no software, é necessário bastante leitura, além de atenção durante a navegação sobre os seus cenários. As informações contidas no programa estão sob a forma de textos, notícias, mapas, tabelas, gráficos e depoimentos de personagens, que são extremamente importantes para auxiliar o usuário na sua tomada de decisão.



Figura 4: Tela inicial do software educativo Energos.

A pesquisa realizada por Silveira (2012) teve por principal objetivo investigar a utilização do software educativo Energos em diferentes contextos escolares como apoio a discussões acerca da produção de energia elétrica. A investigação aconteceu com alunos de graduação e pós graduação de cursos da Área da Ciências da Natureza. A atividade também foi realizada em uma escola pública com turmas de primeiro ano do ensino médio. Segundo a autora, foi possível constatar que muitos sujeitos investigados não tinham um sólido conhecimento relacionado às fontes de produção de energia elétrica disponíveis e seus impactos ambientais. Contudo foi perceptível relativo avanço em diversos aspectos do conhecimento acerca das formas de geração de energia elétrica, além de permitir o desenvolvimento de um comportamento pró-ambiental entre os sujeitos.

Cabe ressaltar que a pesquisadora constatou a importância do mediador no desenvolvimento das atividades com o ambiente, não somente no debate final, mas durante a navegação também. No que tange à atividade desenvolvida com os alunos do ensino médio, foi verificado que os sujeitos não privilegiaram a leitura das informações textuais presentes na ferramenta como subsídios para a tomada de decisão na resolução do problema exposto em Energos. A atuação do professor foi constatada como de extrema importância nessa situação, principalmente porque seu discurso pode influenciar a conduta dos alunos, em que cabe uma postura motivadora para a realização das tarefas propostas pela ferramenta utilizada (Silveira, 2012).

A temática da energia nuclear sempre foi um tema permanente e com intensos debates. Nos últimos anos, tem-se a retomada do programa brasileiro, a crescente aplicação das tecnologias nucleares e um acidente ocorrido em uma central nuclear japonesa como exemplos bastante atuais de assuntos encontrados nos meios de comunicação. Percebe-se que são assuntos recorrentes e frequentemente expõe pontos de vistas contraditórios. Supõe-se que isso é uma possível causa do interesse por parte de estudantes relacionados a esses conteúdos. Entretanto, as abordagens livrescas de ensino, muitas vezes, não parecem suficientes para qualificar as opiniões dos estudantes sobre esse debate (Eichler et al., 2005 e 2006).

No panorama educacional, alguns pesquisadores consideram que os conteúdos relativos aos temas nucleares são abordados de maneira insuficiente, ou até mesmo deficiente, nos diferentes contextos escolares (Anjos et al, 2011; Colclough, 2007; Lungu, 2009; Nakiboglu e Tekin, 2006). Não obstante, a última publicação do MEC realizada em 2012 informa a matriz de referência⁴ para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), relacionando entre os seus conteúdos, fundamentos da radioatividade, impactos ambientais de combustíveis fósseis, energia nuclear, lixo atômico, vantagens e desvantagens do uso de energia nuclear. Frente a isso, tem-se a necessidade de uma melhor capacitação para professores e estudantes de todos os níveis de ensino.

Com vistas inclusive nos aspectos mencionados anteriormente, além de ser objeto de estudo da presente pesquisa, Cidade do Átomo é um software educativo que pretende colaborar para a abordagem escolar de temas nucleares. Tal qual os softwares educativos Carbópolis e Energos, Cidade do Átomo também foi produzido pelo grupo de pesquisa da AEQ desta Universidade. Para acessá-lo ou fazer download, de forma livre, basta ir ao sítio da AEQ no endereço <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/cidatom.htm>.

Segundo Eichler, Junges e Del Pino (2005), a construção dos roteiros e cenários deste material didático foi baseada nos meios de produção de energia elétrica, cuja temática está na pauta da Educação Científica visando a inter-relação de Ciência, Tecnologia, Sociedade, e Ambiente - CTSA. Esta inter-relação está de acordo com os pressupostos de Orientações Curriculares para Ensino Médio (Brasil, 2006) e pode-se citar como exemplos a poluição atmosférica, gerenciamento de resíduos sólidos, disponibilidade de água potável, entre outros (Eichler et al., 2006; Santos, 2010).

A partir da temática de meios de produção de energia elétrica e dos possíveis impactos sociais e ambientais de tais meios de produção, foram construídas atividades de simulação e de resolução de problemas, dentro do ambiente de aprendizagem, que permitem ao estudante desenvolver as seguintes atividades:

- Identificar as causas dos problemas simulados e as suas consequências;
- Propor possíveis soluções;

⁴ Disponível em
<http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf>.
Acesso em set. 2014.

- Decidir sobre os procedimentos de emergência a serem tomados, a partir do estudo das legislações pertinentes;
- Estudar e analisar casos que permitam tomar providências no sentido de evitar possíveis impactos;
- Escolher o meio de produção de energia a ser ampliado em função do aumento da demanda no consumo.

Com o objetivo de demonstrar que o jogo pode ser utilizado como estratégia didática para o ensino de Ciências, Eichler, Jungles e Del Pino (2005) realizaram comparação entre os softwares Urânio-35 e Cidade do Átomo. Conforme os autores, o jogo de aventura em 3D Urânio-35 tinha como finalidade reunir entretenimento e a aprendizagem de alguns conceitos básicos relativos à Química de ensino médio, dentre eles, a radioatividade. Nesse sentido, o jogo Urânio-35 apresentou alguns equívocos quanto aos conteúdos da Química, onde é possível destacar alguns erros conceituais relativos à radioatividade:

No mesmo instante em que o reator é desligado, a radiação dissipa e a cidade volta a ser habitada. Talvez esse seja o maior equívoco conceitual, pois a atividade das radiações é dependente da meia-vida (tempo necessário para a atividade de uma amostra ser reduzida à metade de sua atividade inicial) dos isótopos radioativos em questão. A meia-vida do Urânio 235 é de 713 milhões de anos. A grande meia-vida dos isótopos utilizados na produção elétrica, associados ao perigo de sua liberação na natureza, é um dos fortes argumentos utilizados pelos opositores à produção de energia elétrica através da energia nuclear (Eichler, Jungles e Del Pino, 2005).

A comparação entre os programas também compreendeu uma descrição de algumas características de Cidade do Átomo, como a presença de personagens e cenários, que possibilitam realizar a atividade de jogo de representações de papéis. Assim, os autores procuraram demonstrar que o papel do jogo na aprendizagem pode ser um instrumento importante para a construção do conhecimento, quando é observado o propósito educativo.

A estratégia pedagógica de jogo de representação de papéis é uma atividade muito empregada na área educacional. É uma dinâmica em que os alunos podem assumir diferentes papéis dentro de um mesmo assunto, debatendo e defendendo

posições e pontos de vista de seus personagens. Esse tipo de jogo também pode ser acompanhado de simulações, como forma de descrever e recriar o contexto para o debate (Eichler, Junges e Del Pino, 2005).

Blatner (2009) define que jogos de representação de papéis são úteis e aplicáveis a temas muito complexos e polêmicos, onde não há somente duas opiniões definidas. O autor descreve que a representação de papéis pode ser aplicada a situações de treinamento profissional, bem como para o desenvolvimento de aulas de Literatura, História, Ciências e Matemática. A representação de situações auxilia os alunos a integrar os conhecimentos através da ação para resolução de problemas, explorando soluções alternativas, criativas e desenvolvendo habilidades de comunicação, pró-atividade e trabalho em equipe. Além disso, promove o engajamento e motivação dos estudantes nos conteúdos trabalhados por esta modalidade, tornando-os mais preparados para lidar com os desafios futuros.

Conforme Cronin-Jones *apud* Eichler e Del Pino (2006), a utilização de Cidade do Átomo possibilita que os estudantes participem de atividades de representações de papéis, que são semelhantes aos debates. No entanto, debates escolares convencionais normalmente se realizam baseados em dois únicos pontos de vista, ou seja, aqueles que apoiam o tema em questão e aqueles que possuem opinião contrária. No caso do assunto energia nuclear, um debate proporcionaria visões mais limitadas, sustentando somente argumentos considerados como politicamente corretos ou incorretos. Jogos de representação de papéis são mais apropriados quando se trata de problemas sociais de difícil resolução.

O problema apresentado em Cidade do Átomo envolve um projeto de expansão da usina termonuclear presente na cidade de mesmo nome. O usuário do software, depois de utilizar o programa realizando uma série de tarefas, deve se posicionar sobre tal projeto de expansão. De forma resumida, pode-se descrever as três tarefas propostas ao usuário do programa: inspeção de uma usina nuclear, para verificar se as doses de radiação recebidas pelos trabalhadores da usina se encontram dentro dos valores seguros; coleta e análise de amostras de água e de solo, para verificar se a radiação de fundo na região de Cidade do Átomo se encontra em valores aceitáveis e semelhantes a

de outras regiões do país e do mundo (dados encontrados no hipertexto que acompanha o software); e coletar e debater os depoimentos da população de Cidade do Átomo, para verificar as opiniões dos moradores da região sobre a polêmica da produção de energia nuclear.

Finalmente, espera-se que práticas pedagógicas apoiadas por ferramentas educacionais digitais, que utilizam atividades interativas, simulações e resoluções de problemas transformem os processos de ensino e aprendizagem. Segundo Nascimento (2007) “todos concordam com o grande potencial das novas tecnologias para revolucionar a educação”. No entanto, poucos são os exemplos que aproveitam ao máximo as características promissoras das ferramentas de aprendizagem. Assim é preciso atentar para o fato de que a maioria dos materiais didáticos digitais desenvolvidos ainda não apresentam projetos baseados em estudos aprofundados dos princípios de aprendizagem.

Por último, cabe ressaltar que os casos descritos nessa seção da presente pesquisa pertencem a situações ímpares. Na elaboração de recursos digitais é frequente que os autores se deixem levar mais pelo potencial lúdico em detrimento do potencial de aprendizagem (Nascimento, 2007). Portanto, os exemplos analisados são resultado de equipes multidisciplinares que trabalharam de forma colaborativa, onde os autores reconheceram a importância da articulação entre os conhecimentos dos processos de aprendizagem e os específicos da área disciplinar.

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. O LOCAL DA PESQUISA

A investigação realizou-se no ambiente escolar com estudantes da educação profissional técnica de nível médio do IFSul Câmpus Charqueadas, durante o período letivo de 2013.

Charqueadas é um município que integra a região metropolitana de Porto Alegre desde 1995 e a região carbonífera do estado (Figura 5). Está localizada a 57 Km da capital e é o município mais populoso da Região Carbonífera, com uma população estimada em 35 mil habitantes. No cenário gaúcho de atividade industrial, Charqueadas é um município que se destaca pela presença de um polo industrial metal-mecânico, contando com 87 indústrias, onde predomina a área de Siderurgia e Energia⁵.



Figura 5: Mapa com a localização do município de Charqueadas. Fonte: Página da prefeitura de Charqueadas.

O IFSul Câmpus Charqueadas está presente como Instituto Federal no município desde 2008, fazendo parte da segunda fase do Plano de Expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica da SETEC/MEC, lançado em 2005. Todos os cursos ofertados pela são gratuitos, sendo eles o técnico integrado em Mecatrônica, curso técnico integrado em Informática, curso técnico integrado em Fabricação

⁵ Fonte: prefeitura municipal de Charqueadas. Disponível em: < <http://www.charqueadas.rs.gov.br> >.

Mecânica (PROEJA) e curso técnico em Eletroeletrônica. O Câmpus também oferece o curso superior em Engenharia de Controle e Automação, Tecnologia e Sistemas para Internet (TSI) e o curso de pós-graduação em Educação e Contemporaneidade (especialização). Localiza-se na região central da cidade (Figura 6)⁶.



Figura 6: Fotografia da sede do IFSul Câmpus Charqueadas. Fonte: página IFSul.

3.2. OS SUJEITOS DA PESQUISA

O grupo de alunos participantes desta pesquisa compunha cinco turmas de primeiro ano da educação profissional técnica de nível médio dos cursos de Informática e Mecatrônica, os quais totalizaram 137 participantes, com idades variando entre 14 e 17 anos.

Para melhor interpretar e compreender os fenômenos investigados, buscou-se algumas informações acerca do perfil dos estudantes no relatório de perfil sócio-econômico publicado pela equipe da Diretoria de Gestão de Assistência Estudantil (DIGAE) do IFSul. Segundo os resultados obtidos quanto à moradia e ao transporte, os

⁶ Fonte: IFSul Câmpus Charqueadas. Disponível em <<http://www.charqueadas.ifsul.edu.br/portal>>.

alunos do Câmpus Charqueadas residem em zona urbana (96,4%) e moram atualmente com os pais (80,2%). 57,7% residem com mais três a quatro pessoas na casa; e, 50,6% deslocam-se até o IFSul a pé, de carona ou de bicicleta.

Ainda neste relatório encontram-se informações relevantes para a presente pesquisa: os estudantes são oriundos, em sua maioria (cerca de 80%), do ensino fundamental de escolas públicas. Além disso, aproximadamente a metade dos alunos do Câmpus Charqueadas possuem como principal fonte de informação a internet e afirmam ter experiência no computador (respectivamente 55,3% e 48,2% dos estudantes)⁷.

Para algumas situações e falas descritas no presente trabalho, cabe destacar que a identidade dos participantes foi preservada empregando-se nomes fictícios. Fora algumas exceções, a maior parte dos sujeitos investigados realizou suas atividades em pares. A escolha pela dinâmica de trabalho em duplas de alunos se deu em função de recursos disponíveis, no caso, o número de máquinas presentes no laboratório de informática utilizado para as atividades com o software Cidade do Átomo. Assim, para a descrição dos resultados oriundos das duplas de estudantes, optou-se por utilizar somente uma identificação por números (dupla 01, dupla 02...).

Embora se tenha preservado a identidade dos sujeitos investigados neste trabalho, foi utilizado um termo de consentimento informado e esclarecido. O documento foi enviado aos responsáveis pelos alunos, junto de uma carta informando sobre a pesquisa realizada e a respectiva solicitação de autorização. O modelo do termo consta no Anexo1 da presente pesquisa.

3.3. MATERIAIS

A prática pedagógica foi realizada em sala de aula convencional e em laboratórios de informática. O uso da ferramenta Cidade do Átomo ocorreu, exclusivamente, em laboratório de informática equipado conforme a descrição abaixo:

- 20 microcomputadores marca HP modelo Compaq 6000 Pro. Processador Intel® Core (TM) 2 Duo e memória instalada (RAM) de 4,00 GB. Sistema Operacional de 64 bits Windows 7 Professional;

⁷ Fonte: Relatório de pesquisa sócio-econômica educacional - DIGAE IFSul.

- projetor, marca Epson modelo Power Lite X 12 H429A;
- câmera de vídeo digital marca Sony modelo DCR-PJ5 equipada com tripé;
- quadro branco tradicional.

Apresentação em data show, vídeos, imagens e reportagens foram as demais ferramentas didáticas utilizadas. O software educativo Cidade do Átomo (obtido em <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/cidatom.htm>) foi instalado pelo setor de Tecnologia de Informação (TI) do câmpus em cada um dos microcomputadores do laboratório utilizado. Os técnicos responsáveis pela instalação fizeram uso de emuladores do sistema operacional Windows XP em máquinas virtuais, devido a dificuldades durante a instalação no sistema operacional Windows 7 Professional.

3.4. PLANEJAMENTO E SEQUÊNCIA DIDÁTICA

As atividades foram realizadas dentro do calendário da disciplina de Química I, as quais foram previamente autorizadas pelo Departamento de Ensino do Câmpus e inseridas no planejamento das aulas. A disciplina é anual e contempla um encontro semanal de duas horas/aula. A proposta foi aplicada numa carga horária total de 10 horas/aula para cada turma investigada. A Tabela 1 apresenta os detalhes do cronograma realizado para a utilização da ferramenta Cidade do Átomo.

Tabela 1: Cronograma contemplando conceitos, atividades realizadas e situações envolvidas em cada encontro.

Encontro	Conceitos	Atividades	Situações Envolvidas
1	Energia nuclear, radioatividade e radiação ionizante. Isótopos e emissões. O espectro eletromagnético.	Uso do quadro e apresentação em data show. Uso de vídeos, reportagens e imagens da web.	Diálogo sobre o tema radioatividade e acidentes nucleares. Questionamentos sobre os conceitos de isótopos e modelos atômicos.
2	Retomada dos conteúdos da primeira aula (encontro 1).	Apresentação do software. Uso do quadro e apresentação em data show. Uso do software Cidade do Átomo.	Discussão da emissão de radiação alfa, beta e gama e o rearranjo nuclear. Discussão sobre a relação espectro eletromagnético, energia de radiação e aplicações. Primeiras orientações sobre a atividade com o software.
3	Unidades de radiação. Radiação de fundo e limites de dose.	Atividade com o software. Uso de data show. Uso do software Cidade do Átomo.	Questionamentos sobre as unidades de radiação de fundo e dose recebida. Discussão sobre cálculo de valores médios para radiação de fundo e dose recebida.
4	Unidades de radiação. Radiação de fundo e limites de dose. Discussões sobre cálculo de valores médios das análises realizadas no software.	Atividade com o software. Uso de data show. Uso do software Cidade do Átomo.	Questões finais do laudo de inspeção nuclear. Resolução do problema proposto por Cidade do Átomo. Envio do arquivo do laudo.
5	Produção de energia elétrica a partir da energia nuclear. Material elaborado pelos alunos.	Jogo de representações de papéis.	Confrontamento de posições com relação a energia nuclear.

Para o período compreendido entre o primeiro até o quarto encontro, os alunos foram organizados em duplas de trabalho, de acordo com o número de máquinas disponíveis no laboratório de informática. A composição dessas duplas não sofreu interferência por parte do professor, que deixou a critério dos próprios alunos essa tarefa.

A primeira interação dos estudantes com o software Cidade do Átomo aconteceu no segundo encontro. Foi realizada através da demonstração, em data show, da criação

de usuário e senha. Após cada dupla de aluno criar seu próprio usuário e senha, seguiu-se discussão com o grande grupo da introdução, na qual é apresentado o problema ao usuário.

Como atividade de encerramento (encontro número 5) do uso da ferramenta foi proposto aos alunos o jogo de representação de papéis, realizado em sala de aula convencional. A condução desta atividade seguiu a estratégia pedagógica sugerida pelos autores da ferramenta Cidade do Átomo (Eichler e Del Pino, 2006). Dessa forma, os alunos foram organizados em grupos de 5 ou 6 componentes, a seu próprio critério, sem interferência do professor na composição. As equipes receberam um prazo de duas semanas para a elaboração de pesquisa e construção do personagem sorteado. Durante este período, o professor esteve disponível em horários de atendimento extraclasse (6 horas aula) com o objetivo de acompanhar e mediar o andamento dos trabalhos.

3.5. COLETA DE INFORMAÇÕES

Os instrumentos de coleta de informações foram gravações em áudio e vídeo, material escrito em diários de aula, textos escritos pelos participantes (LIUN e bloco de notas) e arquivos de log. Os arquivos de log são arquivos de texto que registram, por exemplo, a hora e os eventos ocorridos dentro de um sistema. Trata-se de um histórico de uso de um usuário dentro dos ambientes de um software.

Os arquivos de log foram acessados diretamente em cada uma das máquinas utilizadas pelos estudantes no laboratório de informática. A análise de informações oriundas desses registros foi realizada individualmente, totalizando 70 arquivos analisados. Optou-se por não se empregar softwares analisadores em virtude do pouco volume de informação, visto que previamente selecionou-se perfis (condutas) de navegação em comum dentre os registros observados. Como exemplo destas condutas, pode-se citar o acesso à ferramenta biblioteca, o acesso ao menu ajuda e a busca pela tarefa no menu “sua tarefa é” dentro dos ambientes do software educativo.

Considerando a estratégia de pesquisa do presente projeto, pode-se classificá-la com uma abordagem qualitativa. Dentre as características descritas por Bogdan e Biklen (1994), destaca-se a pesquisa qualitativa como sendo naturalística, ou seja, o problema

investigado acontece em seu ambiente natural e o pesquisador entra em contato direto com os fenômenos acontecidos, sendo esse o seu principal instrumento. Esse contato direto produz informações descritivas da situação estudada, gerando um enfoque maior no processo do que com o produto.

A abordagem qualitativa também se configura como um estudo de caso (Ludke e André, 1988). Segundo essas autoras, um estudo de caso naturalístico possui características que se superpõem à pesquisa qualitativa quando visam à descoberta, enfatizando a interpretação em contexto e buscando retratar a realidade de forma completa e profunda. Um estudo de caso também usa uma variedade de fontes de informação, revelando experiência vicária e permitindo generalizações naturalísticas. Procura representar os diferentes e às vezes conflitantes pontos de vista presentes numa situação social. Nesse contexto, o objetivo é mostrar que a realidade pode ser entendida através de várias percepções, não havendo uma única que seja verdadeira. Assim, estas premissas corroboram para uma pesquisa que leve em conta a interpretação de várias fontes de evidências, que considere o processo de aprendizagem dos sujeitos no contexto onde se desenvolve, buscando respostas para o fenômeno estudado.

Portanto, no desenvolvimento da investigação das atividades de utilização da ferramenta no contexto escolar, cabe destacar que a pesquisadora assumiu também a função docente, obtendo informações experimentais descritivas. Gravações de áudio e vídeo, anotações dos diários de aula, textos escritos pelos sujeitos participantes formaram um conjunto de informações analisado e interpretado. As filmagens foram dados experimentais obtidos que totalizaram cerca de 50 horas de gravações. As filmagens relativas à interação dos alunos com o software educativo somaram 40 horas de gravações, as quais foram transcritas.

A análise das transcrições foi baseada no método da Análise Textual Discursiva - ATD (Moraes e Galiazzi, 2011), visto que foram criadas algumas categorias de análise a partir de unidades de assuntos (significados) semelhantes. Assim, a categorização realizada agrupou unidades de significados semelhantes dos trechos falados pelos participantes da pesquisa. Dentre as categorias de análise identificadas, se destacam as dificuldades de navegação, a dependência com a figura do professor, a interação entre

alunos para a construção da solução dos problemas propostos, por exemplo. Estas categorias subsidiaram a construção dos textos presentes nos itens a) funcionalidade; b) compreensão do problema; c) coleta de amostras e a conexão teor de radioatividade/limites; d) inspeção da usina e a conexão doses/limites e e) produção textual.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. REFLETINDO SOBRE O PLANEJAMENTO E CONTEÚDO

Durante a primeira aula do planejamento (Tabela 2), a proposta era criar uma atividade que engajasse os estudantes com os temas nucleares. Iniciou-se com perguntas sobre o tema, visando a exposição das compreensões que os estudante tinham sobre a energia nuclear e radioatividade, que resultaram em um processo de trocas de informações e reconhecimento de suas percepções.

Tabela 2: Descrição das atividades realizadas na primeira aula, situações envolvidas e abordagem do professor.

Sequência de Atividades	Situações Envolvidas	Abordagem
Discussão sobre a energia nuclear	Aspectos negativos da energia nuclear envolvendo acidente de Chernobyl e armas nucleares.	Projeção de apresentação: aplicações da energia nuclear para produção de energia elétrica e na medicina.
Busca dos termos “radiação ionizante” na web	Efeitos biológicos negativos: dano celular e DNA, doenças e morte.	Projeção de apresentação: evolução dos modelos atômicos, isótopos, radiação alfa, beta e gama e o rearranjo nuclear. Discussão sobre a relação espectro eletromagnético, energia de radiação e aplicações.
Busca dos termos “energia nuclear” na web	Retorno de aspectos negativos da energia nuclear envolvendo acidente de Chernobyl. Acidente de Fukushima. Informações sobre isótopos, reações e reatores nucleares.	Projeção de documentário e reportagem sobre o acidente de Chernobyl. Vídeo sobre funcionamento das usinas de Angra e Fukushima. Leitura de entrevista com ambientalista. Discussão sobre as informações apresentadas.

Acidentes nucleares, doenças e armas atômicas foram os principais apontamentos dos estudantes. Tais respostas estão de acordo com a presença dos temas nucleares percebida pelos estudantes, especialmente os casos de Fukushima e Chernobyl, bombas atômicas e desastres, obtidas, geralmente, pelos meios de comunicações mais acessados, a internet e televisão. Fica explícito um enfoque

constituído basicamente com relação aos desastres ocorridos, sem uma reflexão acerca das causas responsáveis por esses acontecimentos.

É comum que assuntos envolvendo os temas nucleares e suas tecnologias geram reações de medo, preconceitos e posições desfavoráveis com relação às suas aplicações em diferentes comunidades. Normalmente, esses temas estão ligados aos efeitos negativos, já que são mal compreendidos pela maior parte da população. Com o intuito de conhecer as ideias informais de alunos de ensino médio sobre o conceito de radiação e a forma com que se lida com tecnologias e situações relacionadas, Dutra (2010) pesquisou cerca de 300 alunos na cidade de Belo Horizonte. O estudo utilizou questionários que levantavam as opiniões acerca do tema e como os estudantes se colocavam diante de situações-problemas propostas. Os resultados demonstraram que os alunos têm como principal fonte de informação a televisão, a internet e a escola. A autora também relata que comunicações mais dialógicas, ou seja, baseados nas ideias e concepções informais dos sujeitos, supõem maior compreensão, aceitação e capacidade crítica com relação a esses temas.

Partindo da discussão inicial com os estudantes, foram expostas informações variadas sobre a química nuclear, utilizando-se slides preparados pelo professor e acesso online de vídeos, documentários e reportagens. Foram abordados, nesse momento, assuntos sobre aplicações da energia nuclear para produção de energia elétrica e na medicina, a relação espectro eletromagnético, energia de radiação e aplicações, entre outros. Portanto, estes conteúdos foram abordados nos materiais preparados pelo professor (slides) e também estão descritos na Tabela 2.

Para ampliar a compreensão e manter uma abordagem dialógica, foi solicitado aos estudantes a pesquisarem os termos “radiação ionizante” e “energia nuclear” na web, já que esse primeiro momento foi realizado no laboratório de informática, com acesso aos computadores e internet. Os principais materiais acessados e utilizados nesse momento da aula estão relacionados nos anexos da presente pesquisa. A partir das definições encontradas, se expôs alguns conceitos básicos da radioatividade, através de slides que apresentavam a evolução dos modelos atômicos, isótopos e tipos de emissões e seus decaimentos.

A tendência em se relacionar o poder das radiações ionizantes com efeitos negativos se confirmou com a colocação de alguns alunos sobre vídeos referentes à explosão do reator nuclear de Chernobyl, acesso às páginas de organizações de proteção ambiental e definições do termo radiação ionizante. O professor mediou a situação projetando apresentações, documentários e vídeos sobre o assunto e discutindo as informações apresentadas por estas fontes de informação, conforme exposto no item “Abordagem” da Tabela 2.

A pesquisa realizada durante a aula, através da busca de informações na internet, estendeu-se para uma postura bastante motivada da turma, principalmente quando alguns alunos encontraram conteúdos relacionados a aspectos negativos e positivos dos temas abordados. A partir das informações pesquisadas na rede houve comentários, análises de situações, enfim diálogos que estavam propiciando um ambiente de reflexões sobre o conteúdo.

Com relação a aspectos negativos, evidenciam essa situação as falas representativas de alguns alunos, dentre as quais, cita-se a de Bernardo: “Esse ano eu assisti o filme Chernobyl, só tinha criaturas mutantes”. Houve também aqueles que lembraram do seriado animado “Os Simpsons” relatando que há capítulos “no desenho mostrando o Homer dormindo na central de controle ou saindo contaminado”. Já para pontos de vista mais positivos, houve comentários sobre as aplicações da radioatividade na área da saúde e dúvidas quanto à veracidade de imagens encontradas durante a navegação que mostravam crianças deformadas.

Conforme já citado em parágrafos anteriores, a internet é uma ferramenta que expande a sala de aula, através da procura e troca de informações, imagens e dados. Fica caracterizada como um subsídio além dos tradicionais, como o livro, vídeos ou revistas, conduzindo a um novo modelo que coloca o estudante como responsável pelo aprendizado, junto ao professor. O uso da Internet no ensino tira o caráter de conhecedor único do professor, que vai ao encontro de um novo modelo no qual o estudante também é responsável por seu aprendizado. Entretanto, escola e professor devem estar preparados para este tipo de interação com o estudante (Ferreira 1998).

Considerando o pensamento de Lev Vigotski (2007), o sujeito se apropria (reconstrói internamente) os significados a partir de suas relações com o meio, pela mediação discursiva com o outro, com o grupo. Na mediação entre diferentes sujeitos todos aprendem, refletem e pesquisam, via integração social. A integração social depende, ao menos, de dois sujeitos trocando significados. Está relacionado ao envolvimento ativo, de todos os participantes.

Vale destacar que a atuação docente neste momento foi a de mediar a reflexão e a associação das informações advindas da navegação na rede. Não houve direcionamentos ou aplicação de roteiro específico para que cada aluno cumprisse esta atividade. As interferências aconteceram em situações nas quais era preciso manter um olhar crítico, especialmente quando as palavras de busca eram “energia nuclear”. Nas primeiras entradas mostradas pelo navegador estavam presentes notícias acerca de ativistas ambientalistas contra energia nuclear, mostrando postura preconceituosa e que priorizavam somente aspectos negativos, afastando concepções corretas acerca do conhecimento científico envolvido. As retomadas de assuntos relativos a Chernobyl aconteceram em todas as turmas pesquisadas e tornou evidente que a maioria dos sujeitos pesquisados considera a energia nuclear como algo ruim.

Conforme já mencionado anteriormente, é preciso estar alerta e ser crítico perante as informações disponibilizadas ao se usar a internet como contextualização de conteúdos em sala de aula. As informações obtidas pelos meios de comunicação usuais devem ser avaliadas e discutidas, é preciso buscar conhecimentos que fundamentem tais colocações. Enfim, seguindo a linha dos pensamentos de Freire (2011b), quando ele dizia que é preciso estar atento, debater e compreender, manter postura crítica e desperta com o que é mostrado na mídia, nesse caso, a internet: “Como educadores e educadoras progressistas não apenas não podemos desconhecer a televisão, mas devemos usá-la, sobretudo discuti-la” (Freire, 2011b, p. 136).

Sabe-se que cada aluno possui suas ideias e concepções individuais, muitas das quais são resultados de suas vivências dentro de seus respectivos contextos. Cabe ao professor considerar estas experiências no que tange a questões nucleares e fornecer informações variadas com relação a todas as suas formas possíveis, com o objetivo de

criar uma visão crítica sobre o assunto. Esse momento converge para as discussões apresentadas no extenso trabalho do pesquisador Chassot (2004), em que não cabe um conhecimento químico “desencarnado”. Um momento que ilustra o início de uma busca de um ensino (útil) de química que contribua para a alfabetização científica dos indivíduos, proporcionando uma leitura melhor do mundo em que vivem.

Considerando os argumentos anteriores foi proposta, desenvolvida e investigada uma estratégia de ensino em sala de aula envolvendo alunos de ensino médio. Buscou-se uma perspectiva de analisar a estratégia pedagógica que empregou atividades em grupos, pesquisas na internet e o uso do software educativo Cidade do Átomo. Além disso, utilizou-se o lúdico como ferramenta pedagógica no desenvolvimento da atividade de representação de papéis.

4.2. O FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE CIDADE DO ÁTOMO

A primeira interação dos estudantes com o software Cidade do Átomo foi realizada através de demonstração utilizando projeção. A professora iniciou projetando no quadro a tela inicial, mostrando como o usuário pode se logar através da criação de usuário e senha. Após, seguiu-se discussão com o grande grupo acerca da introdução, na qual é apresentado o problema e tarefas relacionadas para sua resolução (Figura 7).

Observando a Figura 7, percebe-se que a interface do software apresenta componentes como o menu e abas de navegação. No menu é possível acessar Arquivo, Sua Tarefa é, Análise, Relatório, Biblioteca e Ajuda. As abas de navegação são as ferramentas Cidade do Átomo – o mapa da cidade, Praça Central, Usina Termonuclear, LIUN – o Laudo de Inspeção de Usina Nuclear, Resultados das Análises, Bloco de Notas e Biblioteca.

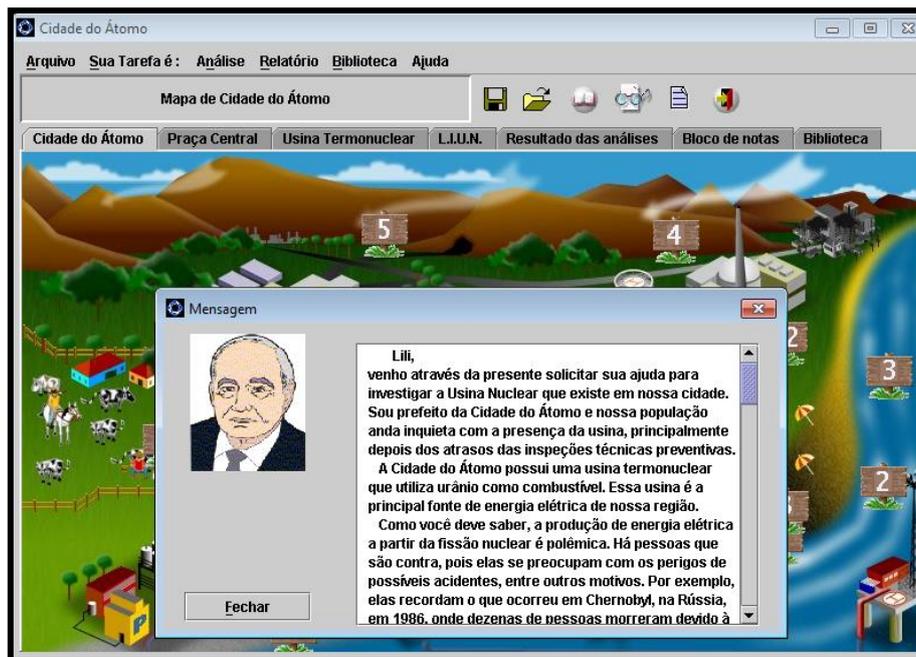


Figura 7: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando mensagem de introdução que traz a identificação do problema e tarefas a serem realizadas pelo usuário.

Estão presentes áreas ativas no mapa da cidade, onde é possível acessar, por exemplo, a planta da Usina ou o Beneficiamento de Minério, assim como menus de atalho para a instalação de amostradores. Além desses componentes, o usuário tem acesso ao problema e as tarefas que deve realizar (trechos grifados na mensagem de introdução) dentro do ambiente fazendo a leitura do depoimento do personagem.

A mensagem de introdução é um depoimento do prefeito da Cidade do Átomo, no qual o personagem relata a situação da usina nuclear na cidade:

[...] venho através desta solicitar sua ajuda para investigar a Usina Nuclear que existe em nossa cidade. Sou prefeito da Cidade do Átomo e nossa população anda inquieta com a presença da usina, principalmente depois dos atrasos nas inspeções técnicas preventivas.

[...] Em anos anteriores, começamos a ouvir falar de projetos de expansão da usina nuclear, com a construção de um novo reator, que triplicaria a produção e a oferta de energia elétrica em nossa região. Nós passaríamos a vender energia elétrica para outros estados e regiões, trazendo mais riqueza para nossa cidade e benefícios para nossa população. Entretanto, nossa população se mantém receosa e inquieta em relação a essa usina. O problema agravou-se a partir do semestre passado, quando não foi realizada a manutenção preventiva dos equipamentos de segurança da usina, devido aos seus altos custos.

Dessa forma, solicito a sua colaboração para realizar as seguintes tarefas:

- 1) inspecionar a Usina Nuclear para verificar se as doses de radiação recebidas pelos trabalhadores da usina se encontram dentro dos valores seguros, que não afetam a saúde;
- 2) coletar amostras de água e de solo em nossa região, analisar a amostra e verificar se a radiação de fundo em nossa região se encontra em valores aceitáveis e condizentes com outras regiões do país e do mundo; e
- 3) buscar depoimentos da população de nossa cidade para verificar como de fato eles se posicionam sobre a polêmica da produção de energia nuclear.

No cumprimento de suas tarefas, você terá a sua disposição: a) uma Biblioteca, que contém uma série de textos sobre os conceitos básicos de radiação, de radioatividade e de energia nuclear; b) uma hemeroteca, que esta junto à Biblioteca, e que contém a cópia de notícias e reportagens encontradas em diversos jornais e revistas nacionais nos últimos dez anos; c) um bloco de notas, onde você poderá escrever suas conclusões parciais sobre os assuntos que você está estudando e poderá copiar (CTRL + C) e colar (CTRL + V) as partes dos textos que lhe parecem interessantes na leitura do material que se encontra na Biblioteca.

Depois de concluir suas tarefas, solicito que você, meu caro amigo, preencha Laudo de Inspeção de Usina Nuclear (LIUN) e, a seguir, escreva um texto que aprove ou desaprove o projeto de ampliação da Usina Nuclear, justificando sua opinião. (Grifo meu)

Diante do exposto, é curioso o fato acerca da dificuldade de navegação por parte significativa dos alunos. Isto pode ser observado através do registro do diário do pesquisador de 22.04.2013:

Alguns questionamentos dos alunos, ocorridos em quase todas as turmas, surpreenderam quanto à reação, postura deles, frente ao uso do software. São exemplos as perguntas: “onde eu vou para analisar?”; “tem que ler tudo isso?”; “o que são amostradores?” e “o que é para fazer alí?” Tais perguntas se mostraram presentes até o final da prática, mesmo para aqueles estudantes que participaram desde o início das atividades.

Apesar das instruções iniciais e do perfil das turmas, para o qual se esperava uma postura no mínimo confortável diante de uma nova forma de trabalho em aula, uma afirmações mais repetidas foi “professora, eu não sei o que fazer.” Pode-se verificar que maior parte dos estudantes esperava por novas instruções do professor, ou que a proposição viesse a partir do próprio software. Aparentemente, a presença de informações textuais expostas em diversos ambientes de Cidade do Átomo, tornaram a tarefa menos atrativa aos estudantes. Embora os assuntos e ferramentas disponíveis no software tenham o formato hipertextual, presença de menus de atalho e áreas ativas, o

comportamento observado em vários estudantes leva a crer que esperavam por ações mais intuitivas e instantâneas durante a navegação.

Refletindo sobre esse comportamento dependente da figura do professor, no qual os alunos esperam que o próprio professor faça as perguntas e responda, ou ainda que o mesmo proponha um determinado problema e demonstre a resolução, busca-se o referencial teórico de Charlot (2005) sobre quem é ativo no processo ensino-aprendizagem:

Descobrimos que na mente do aluno é o professor quem é ativo no processo de ensino-aprendizagem: a atividade é do professor, e não do aluno.

[...] O que devemos fazer: trabalhar com uma pedagogia ativa com um aluno que não pensa que é ativo? Nesse caso há um problema concreto a ser resolvido. (Charlot, 2005, p. 69).

Com isso, pode-se inferir uma postura de certa resistência frente a uma nova prática pedagógica, com a qual não estão acostumados. Parece demonstrar uma lógica de acomodação e passividade, que considera a sala de aula como algo estático, sem dinamismo e sem reflexão. Ainda seguindo o pensamento de Charlot, significa que o aluno não funciona dentro de uma lógica de atividade e que seu ideal é uma pedagogia segura. O aluno está esperando uma pedagogia sem risco. No entanto, uma pedagogia sem risco é uma pedagogia sem formação, pela qual a aprendizagem não caracteriza-se como um processo realmente eficiente.

Por outro lado, existiram aqueles que decidiram explorar mais efetivamente as abas e ícones do ambiente, por exemplo, abrindo menus de informação sobre as instalações da usina nuclear. Este menu oferece a etapa de inspeção da usina e para isto basta acessar um menu de atalho (clitando o botão esquerdo do mouse) sobre o mapa da cidade ou ir diretamente na aba denominada Usina Termonuclear. Sendo assim, seguiram-se alguns comentários apontando surpresa, como um exemplo cita-se o do aluno (Sebastião): “Achei a planta da usina e tem uma sala de controle do reator!” Outro exemplo que gerou muitos comentários e momentos de descontração foi a navegação sobre a praça da cidade, na medida em que os alunos liam os depoimentos dos personagens que representavam uma criança e um religioso, como se pode verificar nos registros do diário do pesquisador em 15 e 16 de maio de 2013:

"Professora, tem um erro nesse programa!" (Aurora); "é a criança, tá escrito horrível e houver sem h!" (Alice); "oh sôra, tem bug aqui nesse jogo"(Luís). Muitos estudantes acreditavam que encontraram um erro na grafia das palavras e que provavelmente encontrariam muitos outros erros no software.

Contudo, há de se destacar as dificuldades relacionadas à interpretação das ordens, isto é, reconhecimento das três tarefas propostas pelo software, assim como a incompreensão da linguagem formal dos textos da Biblioteca e termos empregados. Foram frequentes os casos em que os alunos não conseguiam resolver a primeira questão do laudo de inspeção "Identificação da usina nuclear inspecionada: onde ela fica localizada? Quais são suas características". Alguns sujeitos que passaram a observar o LIUN, visando a elaboração da primeira questão, não souberam descrever a localização ou características da usina nuclear. Perguntas do tipo: "como devo colocar a localização da usina?" Ou "quais são as características?" Foram exaustivamente ouvidas. Portanto, palavras como caracterização, localização, coordenadas, inspeção pareciam não pertencer aos seus repertórios de linguagem.

Gradualmente as atitudes dos participantes foram se modificando diante das imagens, textos e ferramentas que o software possui. Aqueles que partiram rapidamente para uma varredura sobre todos os ícones e menus, deixaram de questionar sobre o que realizar nos ambientes de Cidade do Átomo, exemplificados e descritos nos questionamentos registrados no diário do pesquisador. Assim, passaram a elaborar perguntas do tipo: "como eu faço para analisar?" e "como assim inspecionar a usina?" Isto indicava falta de familiarização com operações simples e comuns a muitos programas ou também uma maior reflexão sobre a ordem lida.

Os registros de áudio e vídeo, bem como as observações nos diários do pesquisador, ilustraram algumas das dificuldades de navegação. Foi observado que alguns estudantes não sabiam abrir os menus de atalhos presentes como áreas ativas sobre cenários de Cidade do Átomo, as quais eram ações essenciais, por exemplo, para a instalação de amostradores. Além de outros que não reconheciam a presença de hiperlinks nos textos, ou não observaram comandos mostrados durante a navegação sobre os ambientes.

4.3. A COMPREENSÃO DO PROBLEMA PROPOSTO EM CIDADE DO ÁTOMO (ALGUMAS TRAJETÓRIAS)

De modo geral, a compreensão do problema proposto pelo software passa pela elaboração de um texto em que o usuário se posiciona sobre o projeto de expansão da usina termonuclear de Cidade do Átomo. Isto configura a última questão do LIUN e consta de um espaço para a confecção do texto que pode ser avaliado pelo professor que orientou as atividades (Figura 8).

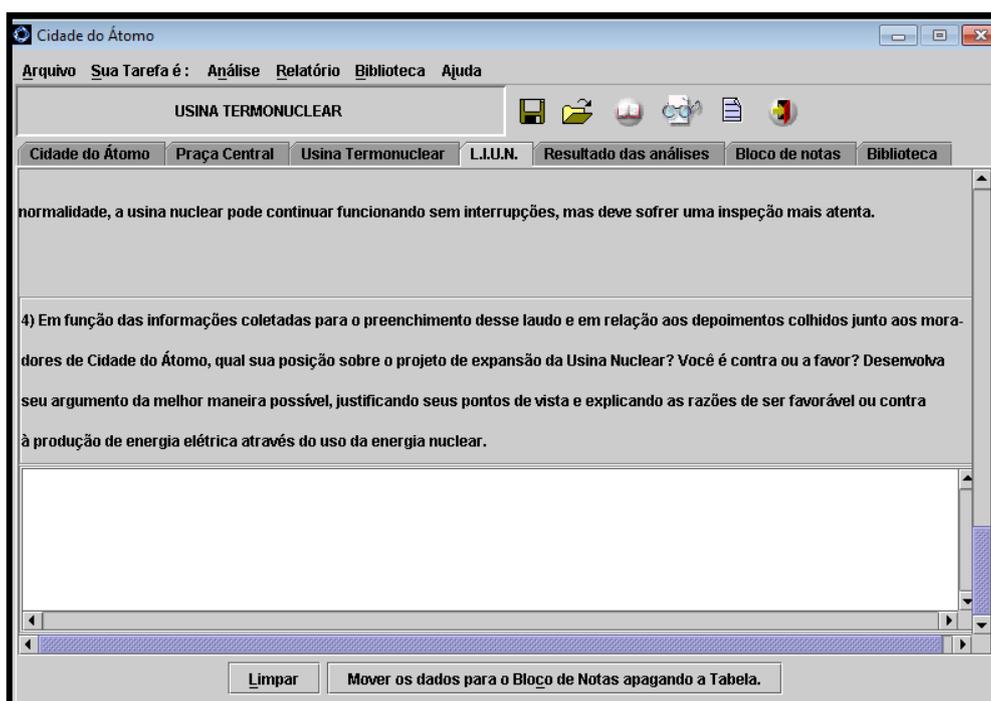


Figura 8: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando a última questão do LIUN.

O texto pode ser subsidiado pelas informações contidas na Biblioteca, na Hemeroteca, com os resultados obtidos com a inspeção da usina e com a coleta de amostras de solo e água. Além disso, é possível consultar os depoimentos dos personagens que representam a população local da região, que são acessados durante a navegação sobre a ilustração da praça da Cidade do Átomo (Figura 9). Para navegar sobre a praça há duas possibilidades: uma é clicando sobre a parte urbana do mapa da região; a outra é abrindo a aba "Praça Central".



Figura 9: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando a Praça Central de Cidade do Átomo e um dos depoimentos dos personagens (menina na praça).

Conforme mencionado anteriormente, a leitura dos depoimentos geralmente acontecia entre risos ou noção de espanto: "professora, tem um erro nesse programa!" (Aurora) e "é a criança, tá escrito horrível e houver sem h!" (Alice). Muitos estudantes acreditavam que encontraram um erro de grafia e que provavelmente encontrariam outros mais no software.

No entanto, alguns estudantes demonstraram que a busca pelos depoimentos dos personagens tinha outro objetivo além da simples exploração do ambiente: finalizar suas atividades com o software realizando diretamente a última questão do laudo. Embora tal estratégia possa ter parecido como uma solução rápida para o problema, acabou por se caracterizar como inviável na medida em que faltavam justificativas para a construção dos argumentos exigidos pela questão.

Conforme os alunos iam acomodando os significados da tarefa a ser resolvida - os procedimentos que seriam necessários para a investigação da usina - suas ações iam se voltando ao objetivo final. Alguns sujeitos pouco pareciam saber sobre o caminho que deveriam seguir para resolver o problema. Um dos exemplos para o primeiro tipo

de exploração do software é demonstrado pelo par de estudantes identificado como a dupla 41, que efetuou vários acessos durante sua primeira navegação pelos ambientes de Cidade do Átomo. No momento seguinte, investigou o ambiente colocando amostradores por cerca de nove minutos, para em seguida continuar com uma sequência de análises, sem buscar navegar sobre outras ferramentas, conforme o extrato de seus arquivos de log, mostrado abaixo:

Efetou Login no sistema [09.05.2013 : 13:37:50 Brazil Time]
Usuário efetuou LogOff [09.05.2013 : 13:41:19 Brazil Time]
Salvou sua informações no banco de dados [09.05.2013 : 13:41:19 Brazil Time]
Efetou Login no sistema [09.05.2013 : 13:41:35 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (643, 360) na área 4 [09.05.2013 : 13:43:50 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (89, 241) na área 5 [09.05.2013 : 13:43:54 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (251, 193) na área 5 [09.05.2013 : 13:44:35 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (629, 210) na área 5 [09.05.2013 : 13:44:45 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (469, 117) na área 5 [09.05.2013 : 13:44:50 Brazil Time]
Retirou Amostrador: (643, 360) na área 4 [09.05.2013 : 13:46:09 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (622, 393) na área 4 [09.05.2013 : 13:46:33 Brazil Time]
Entrou no menu Análises -> Da Radiação de Fundo [09.05.2013 : 13:46:39 Brazil Time]
Simulou análise de radiação [09.05.2013 : 13:47:19 Brazil Time]
Simulou análise de radiação [09.05.2013 : 13:47:20 Brazil Time]
Simulou análise de radiação [09.05.2013 : 13:47:21 Brazil Time]
Simulou análise de radiação [09.05.2013 : 13:47:22 Brazil Time]
Simulou análise de radiação [09.05.2013 : 13:47:23 Brazil Time]
Simulou análise de radiação [09.05.2013 : 13:47:24 Brazil Time]
Simulou análise de radiação [09.05.2013 : 13:47:25 Brazil Time]
Simulou análise de radiação [09.05.2013 : 13:47:26 Brazil Time]

Todos os acessos efetuados pela dupla 41 totalizaram em uma hora e treze minutos de navegação. Os estudantes salvaram algumas vezes suas informações no banco de dados, porém não realizaram leituras na Biblioteca e Hemeroteca e consultaram somente uma vez o LIUN.

A dupla 47 ilustra um outro exemplo no qual sua utilização durou em torno de vinte minutos. Neste intervalo, ela efetuou a leitura da tarefa por quatro minutos e logo em seguida consultou a Biblioteca por mais cinco minutos. Essa dupla de estudantes também buscou a ajuda do software durante 5 minutos. Depois destes acessos colocou

amostradores e fez uma sequência de análise de radiação de fundo. Consultou por duas vezes o LIUN e salvou suas atividades neste primeiro acesso. O extrato dos arquivos de log demonstram a navegação da dupla 47:

Efetouo Login no sistema pela primeira vez [02.05.2013 : 6:40:46 Brazil Time]
Entrou no menu Sua Tarefa é -> Identificar Problema [02.05.2013 : 6:41:34 Brazil Time]
Entrou no menu Sua Tarefa é -> Identificar Problema [02.05.2013 : 6:42:58 Brazil Time]
Entrou no menu Biblioteca [02.05.2013 : 6:45:21 Brazil Time]
Entrou no menu Biblioteca [02.05.2013 : 6:48:34 Brazil Time]
Entrou no menu Ajuda -> Ajuda do Cidade do Átomo [02.05.2013 : 6:50:40 Brazil Time]
Entrou no menu Ajuda -> Ajuda do Cidade do Átomo [02.05.2013 : 6:53:16 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (292, 241) na área 5 [02.05.2013 : 6:55:09 Brazil Time]
Retirou Amostrador: (292, 241) na área 5 [02.05.2013 : 6:55:14 Brazil Time]
[...]
Entrou no menu Análises -> Da Radiação de Fundo [02.05.2013 : 6:57:04 Brazil Time]
Simulou análise de radiação [02.05.2013 : 6:57:07 Brazil Time]
Entrou no menu Relatório -> Laudo de Inspeção da Usina [02.05.2013 : 6:58:05 Brazil Time]

A dupla 47 pertencia a uma das turmas com o maior número de estudantes que exploraram de forma mais completa os ambientes de Cidade do Átomo, bem como suas ferramentas. Vários alunos realizaram, frequentemente, leituras da tarefa e dos textos da Biblioteca, intercalando com a instalação de amostradores e análise de radiação.

Dessa maneira, se destacaram alguns tipos de ações numa tentativa de direcionamento à solução do problema: uma delas relacionava a atitude a ser tomada a partir das solicitações do LIUN. A outra se baseava nos significados percebidos pela simples exploração dos ambientes, de forma aleatória.

Sobre essas descobertas das diferentes ferramentas do ambiente e o interesse em como proceder para os passos seguintes remetem à ideia de construção de Piaget (2007), evidenciando a relação entre o sujeito sobre o objeto e vice-versa. Na mesma medida em que o sujeito age sobre o objeto (assimilação) e percebe alguma dificuldade para compreendê-lo – um estímulo novo - ele tem que se reestruturar (acomodação) para que consiga dar conta deste novo conhecimento. Assim, a assimilação implica em transformar o meio e a acomodação é uma ação que transforma o sujeito, melhorando sua capacidade de aprendizagem, seus esquemas e estruturas.

4.4. A INSPEÇÃO RADIOLÓGICA DA USINA NUCLEAR

A inspeção da usina nuclear consiste em navegar sobre a planta através da passagem do cursor sobre os diferentes ambientes. Essa navegação dá acesso a uma breve descrição das instalações da usina e suas respectivas fotografias. Também é possível obter valores de doses de radiação recebidas pelos trabalhadores através da passagem do cursor sobre os diversos ambientes ilustrados na planta. Esses valores se localizam na barra abaixo do menu e variam de acordo com a localização do cursor (Figura 10).

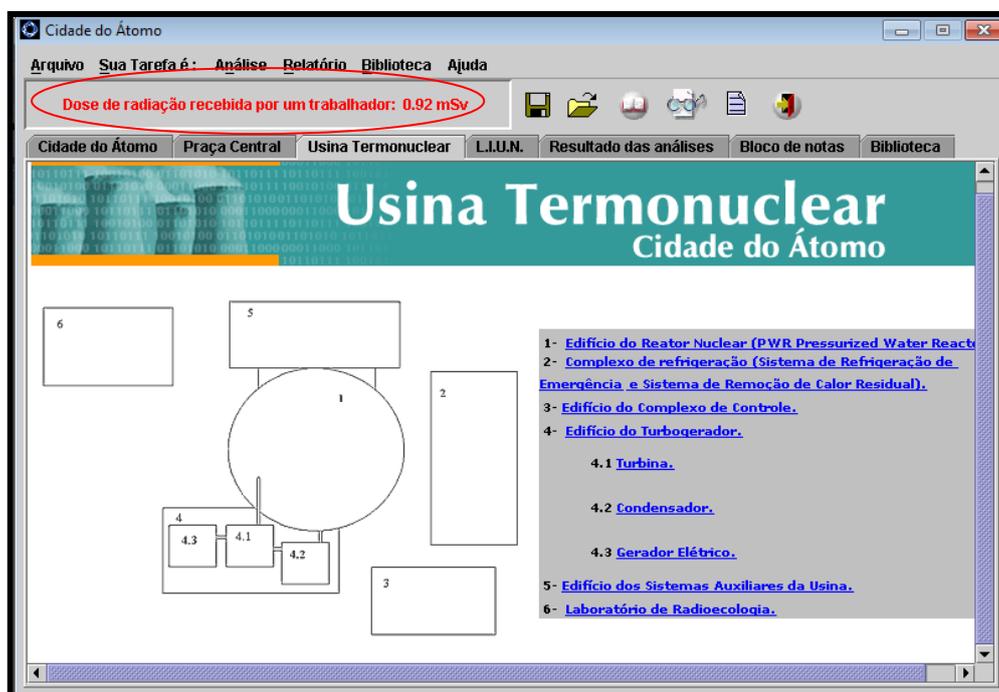


Figura 10: Tela ilustrando a planta da Usina Termonuclear em que se realiza a atividade de inspeção das doses recebidas pelos trabalhadores.

A elaboração das soluções das questões propostas no LIUN relacionadas com a inspeção radiológica na usina nuclear necessita de pesquisa na ferramenta Biblioteca. Abaixo consta a questão referente a este assunto:

2) Valores de proteção radiológica:

a) Quais são os valores limites máximos para a dose recebida (mSv) por trabalhadores e a população em geral?

b) Quais são os valores médios de dose de radiação recebida pelos trabalhadores da usina nuclear inspecionada?

Primeiramente, o aluno deve inspecionar a usina observando os valores de dose de radiação informados abaixo da barra de menus, depois deve anotar esses valores para facilitar sua comparação com limites informados nos textos da Biblioteca. O momento inicial, a inspeção, foi o primeiro entrave, sendo repleto de perguntas, pois é preciso atenção durante a navegação sobre a planta da usina para perceber que os valores se alteram com esta ação.

Na ferramenta Biblioteca, uma série de textos é dividida em cinco tópicos de conteúdos independentes entre si, para facilitar a pesquisa. Nesse sentido, a capacidade de seleção dos conteúdos que deveriam ser lidos é essencial. Para parcela significativa dos participantes, tal atividade se mostrou com um fator limitante à continuidade das tarefas, pois muitos solicitaram a intervenção da professora. Então, foi necessária uma postura um tanto diretiva para a adequação com a realidade daquele momento. Assim, os textos presentes nos tópicos números dois e três da Biblioteca foram orientados como uma leitura essencial e relevante para a resolução do problema (Figura 11).

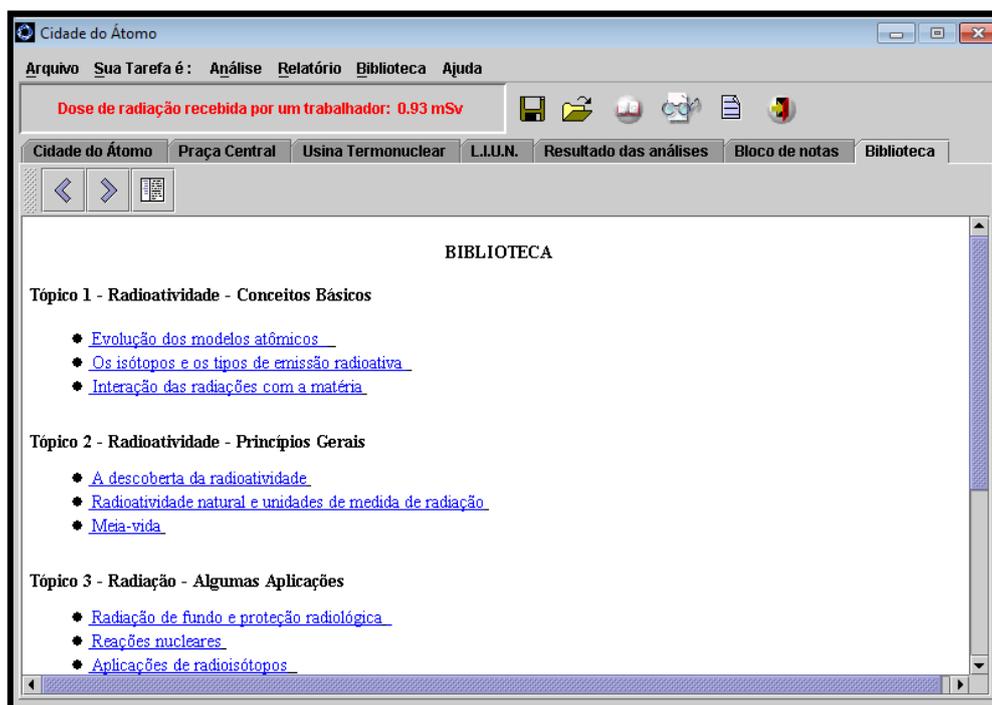


Figura 11: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando a ferramenta Biblioteca.

De certa forma foi instigante perceber a ausência de conexão entre os assuntos estudados a partir da biblioteca e a resolução do problema, especificamente no fato de que os dados observados na leitura deveriam ser confrontados com aqueles obtidos da inspeção radiológica. Nesse caso, ficou caracterizada uma desvinculação entre conceitos e procedimentos, isto é, a compreensão da sequência resultados dos métodos de análise (inspeção radiológica) e resolução do problema. Enfatizando, muitos estudantes não conseguiam alinhar as três tarefas propostas com a questão do problema de expansão da usina.

Conforme houve uma diferenciação das imagens dos ambientes e consideração acerca das informações disponibilizadas, os sujeitos foram levados a refletir sobre o uso dos valores da inspeção radiológica. Já era percebido que a partir da navegação sobre as diferentes instalações da usina os valores não eram fixos. Agora as indagações tratavam do significado da unidade Sievert e a obtenção de valores médios. Nesse momento, a professora atuou como problematizadora, desafiando os sujeitos a observarem como os valores variavam e quais eram os limites: os valores “mais baixos e os mais altos”. Um dos exemplos interessantes foi o de Flora, onde ocorreu compreensão dos valores médios de dose: “professora, o meu menor valor deu zero vírgula zero dois, e o maior eu acho que é zero vírgula noventa e sete, eu posso colocar a média de zero vírgula cinco?”

Questionamentos como o descrito acima, no exemplo de Flora, representam a formação de um contexto de interação proveitoso. Os estudantes interagem, argumentavam e formulavam dúvidas sobre a necessidade do cálculo de média para os valores de dose recebida dentro da usina. A atividade de análise de radiação de fundo, que fomentou questionamentos sobre o número de amostradores instalados, melhor descritos na próxima seção desta pesquisa, também exemplifica espaços de interação entre estudantes, recursos tecnológicos e mediação do professor. Esta constatação evidencia a potencialidade do espaço educativo formado, que resultou em reforço do processo ensino-aprendizagem. Os sujeitos que ainda não compreendiam, observavam e questionavam aqueles que já dividiam da mesma opinião.

O referido episódio remete à premissa de Vigotski (2007), na qual o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem referência ao contexto social. Diferente de outras teorias cognitivistas, que focalizam o indivíduo, a de Vigotski prioriza a interação entre este e o contexto. Dá ênfase aos processos de aprendizagem socialmente elaborados, como é o caso dos estudos sobre memória mediada, nos quais um aprendiz mais experiente pode dividir seu conhecimento com um aprendiz menos avançado, priorizando as capacidades socialmente facilitadas. Na mesma compreensão estão as concepções pedagógicas de Freire (2011a, p. 38), as quais defendem que as interações produzidas pelo diálogo levam à ação e reflexão, já que o sujeito se constitui por meio do diálogo problematizador e “isto é próprio de todos os homens e não privilégio de alguns (por isso a consciência reflexiva dever ser estimulada: conseguir que o educando reflita sobre sua própria realidade)”.

4.5. A ANÁLISE DA RADIAÇÃO DE FUNDO NA REGIÃO DA CIDADE DO ÁTOMO

Em outra tarefa prevista no desenvolvimento das atividades de Cidade do Átomo, o usuário deve coletar amostras de solo e de água na região, analisar estas amostras e verificar se a radiação de fundo se encontra dentro de parâmetros aceitáveis. Para coletar as amostras, é preciso utilizar o mapa ilustrativo da região de Cidade do Átomo que consta na primeira aba, localizada mais à esquerda da tela, ilustrado na Figura 12. Para escolher os locais de instalação dos amostradores, o usuário deve navegar com o cursor do mouse sobre o mapa. Para colocar o amostrador, deve clicar com o botão direito do mouse. Com o mesmo procedimento é possível retirar o amostrador. Podem ser colocados no máximo 20 amostradores sobre o mapa ilustrativo.

Após serem colocados os amostradores é possível realizar a análise da radiação de fundo, para isso é necessário ir ao menu e clicar sobre “Análise da radiação de fundo”. Os valores de radiação associados às amostras serão mostrados em “Resultado das análises”. Para esta atividade é interessante o uso da ferramenta “Bloco de notas”,

na qual o usuário pode registrar suas anotações, ideias, dúvidas ou até conclusões parciais com relação aos assuntos que está estudando.



Figura 12: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando a região de Cidade do Átomo, onde pode-se observar amostradores instalados e menu de Análise acessado.

Para saber se a radiação de fundo está dentro da normalidade, é preciso comparar valores do teor de radiação coletados com valores considerados dentro da normalidade. Isto é solicitado nos dois itens finais da segunda questão do LIUN, que pode ser visto na Figura 13:

d) Quais são os valores de radiação de fundo encontrados na região em que se encontra a usina nuclear:

- Valor mínimo: (nGy/h) - Amostra (solo ou água): - Localidade:

- Valor máximo: (nGy/h) - Amostra (solo ou água): - Localidade:

- Valor médio das amostras coletadas: (nGy/h)

e) Os valores de radiação de fundo estão normais em relação a valores encontradas em outras regiões ou cidades investigadas?

Sim

Não

Figura 13: Tela do software Cidade do Átomo ilustrando os itens solicitados na questão número dois LIUN.

O momento inicial foi de compreensão dos significados ilustrados no mapa, sendo permeado por questões como: “e essas plaquinhas na cidade, oh sôra? (Abel) ou “como é que tira os [...] como é que tu falou? (Ciro). Depois disso, seguiram diálogos entre os estudantes com dúvidas e questionamentos acerca do preenchimento dos campos “valor mínimo e valor máximo” e “localização”. Esse preenchimento também relacionou a hipótese dos sujeitos acerca da disposição dos amostradores no mapa ilustrativo da região. Para exemplificar esta ação, abaixo é colocado um extrato dos arquivos de log da dupla de alunos 03, que permaneceu utilizando o software por uma hora e catorze minutos:

Entrou no menu Sua Tarefa é -> Identificar Problema [30.04.2013 : 16:24:39 Brazil Time]
Entrou no menu Sua Tarefa é -> Identificar Problema [30.04.2013 : 16:27:42 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (349, 395) na área 4 [30.04.2013 : 16:31:41 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (336, 395) na área 5 [30.04.2013 : 16:31:47 Brazil Time]
Retirou Amostrador: (349, 395) na área 4 [30.04.2013 : 16:31:50 Brazil Time]
Retirou Amostrador: (336, 395) na área 5 [30.04.2013 : 16:31:52 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (344, 395) na área 5 [30.04.2013 : 16:32:03 Brazil Time]
Entrou no menu Análises -> Da Radiação de Fundo [30.04.2013 : 16:32:08 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (411, 32) na área 5 [30.04.2013 : 16:32:32 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (730, 34) na área 5 [30.04.2013 : 16:32:35 Brazil Time]
Entrou no menu Análises -> Da Radiação de Fundo [30.04.2013 : 16:32:44 Brazil Time]
Simulou análise de radiação [30.04.2013 : 16:32:46 Brazil Time]

A dupla 03 estava testando sua hipótese sobre a variação da radiação de fundo conforme a localização dos amostradores instalados. Pode-se observar a coordenação entre as atividades de busca de informações no menu “sua Tarefa É” e a colocação dos amostradores, ou seja, uma tomada de consciência dos procedimentos adotados com a identificação do problema proposto em Cidade do Átomo. Além disso, percebe-se um planejamento de ações, que só pode ser possível quando se relaciona os efeitos de causa e o objetivo final. Assim, esses estudantes demonstraram ter assimilado a sequência amostragem, análise e identificação do problema, ajustada às ferramentas e funções presentes no software.

Da mesma maneira que a dupla 03, a dupla 37a seguiu um mesmo padrão de atitudes tomadas frente à utilização da ferramenta, conforme descrito abaixo:

Entrou no menu Sua Tarefa é -> Identificar Problema [09.05.2013 : 6:54:01 Brazil Time]
Entrou no menu Biblioteca [09.05.2013 : 6:55:39 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (243, 199) na área 5 [09.05.2013 : 6:56:56 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (689, 257) na área 27 [09.05.2013 : 6:57:01 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (570, 354) na área 4 [09.05.2013 : 6:57:05 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (62, 259) na área 5 [09.05.2013 : 6:57:12 Brazil Time]
Entrou no menu Sua Tarefa é -> Identificar Problema [09.05.2013 : 6:59:07 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (635, 166) na área 5 [09.05.2013 : 7:03:44 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (20, 334) na área 5 [09.05.2013 : 7:03:51 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (28, 123) na área 5 [09.05.2013 : 7:03:56 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (750, 110) na área 4 [09.05.2013 : 7:04:01 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (253, 304) na área 5 [09.05.2013 : 7:04:16 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (298, 81) na área 5 [09.05.2013 : 7:04:20 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (251, 395) na área 5 [09.05.2013 : 7:04:32 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (551, 63) na área 5 [09.05.2013 : 7:05:03 Brazil Time]
Colocou Amostrador: (96, 61) na área 5 [09.05.2013 : 7:05:19 Brazil Time]
Entrou no menu Análises -> Da Radiação de Fundo [09.05.2013 : 7:26:17 Brazil Time]
Simulou análise de radiação [09.05.2013 : 7:26:20 Brazil Time]

A navegação da dupla 37 totalizou, nesse dia, uma hora e sete minutos. Além de repetidas simulações de análises de radiação das amostras de solo e água, fez três acessos à ferramenta Biblioteca. Seus acessos às ferramentas Biblioteca e “Sua Tarefa É” demonstram uma consciência de retomada de procedimentos que julgou necessária para o aperfeiçoamento de suas atitudes dentro do software. Em determinado momento, durante as atividades, a dupla foi questionada sobre tal ação, em interação com seus colegas, explicou: “tem que ver na biblioteca a diferença do que tu tá fazendo. Dá pra ver que tem as doses, é m s v [...] aqui é radiação, é g.” Mesmo não tendo um domínio da linguagem e dos termos técnicos, estes estudantes demonstraram que sabiam a direção que deviam tomar para a solução do problema.

Para a maior parte dos participantes, a colocação dos amostradores foi ao acaso. No entanto, gradualmente aconteceram situações de reconfiguração de atitudes perante a exploração do problema. Assim como a dupla 37, durante sua permanência nos ambientes do software, a dupla 03 instalou e retirou muitas vezes seus amostradores do mapa que representa a região da Cidade do Átomo. Os procedimentos de escolha dos

locais nos quais os amostradores deviam ser instalados serviram de evidência da construção da solução do problema. Nesse contexto, os pares de estudantes começaram a distribuição relacionando a interpretação dos desenhos do mapa da região com as coordenadas, por exemplo, na observação dos ventos, montanhas e região litorânea. Então, de acordo com o exposto, houve a conexão entre significados simbólicos e ações disponíveis no programa e assim alcançar o objetivo final.

Ainda nessa linha de construção de suposições e caminhos a serem tomados, havia a questão dos valores médios das análises e quantidades de amostradores a serem distribuídos. Uma interação que se destacou foi o diálogo entre os alunos Horácio e Camilo:

Camilo: “então, se eu quiser botar só um?”

Horácio: “não vai, vai ficar incompleto. Tem que medir a radiação em tudo, pra ver se tem vazamento. Tem que colocar amostra de água e de solo, como é que tu vai botar só um?”

E assim, Horácio e Camilo continuaram sua discussão sobre a quantidade de amostradores e os locais que julgavam ser mais importantes para analisar a radiação de fundo na região do mapa temático. Dessa maneira, manifestaram uma conduta de distribuição conforme as regiões para efeitos de comparação e também para a resolução dos valores médios solicitados em um dos itens do LIUN.

4.6. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS E LINGUAGENS

A análise da conjuntura dos dados transcritos e a produção escrita na elaboração da última questão do LIUN possibilita verificar uma evolução conceitual na solução do problema e entendimento da linguagem relacionada à temática abordada em Cidade do Átomo. Um exemplo é o posicionamento da dupla 54, no qual se percebe coerência em todo seu comportamento na solução do problema proposto por Cidade do Átomo. O seu posicionamento é mostrado abaixo:

“Somos a favor pois o urânio é bastante abundante facilitando na produção de energia uma vez que não dependem de influencias climáticas para produção podendo auxiliar no desenvolvimento da sociedade como acontece nas

grandes potências que utilizam esta fonte de energia. Como os valores de radiação da usina são normais não vemos problema algum em ampliá-la. Os impactos ambientais são relativamente baixo desde que seja fiscalizado rigorosamente as usinas para não ocorrer nenhum acidente, e o lixo radioativo seja armazenado corretamente. Com a crescente falta de recursos para produção de energia, esta seria uma ótima forma de suprir as necessidades da população mundial.”(Grifo meu).

A posição favorável desta dupla para a produção de energia termonuclear está sintonizada com sua atuação coerente dentro dos ambientes de Cidade do Átomo. O apontamento de valores médios consistentes de dose de radiação recebida e radiação de fundo, confrontados corretamente com valores aceitáveis para essas medidas corroboram para tal posicionamento. Além disso, ele justifica sua posição favorável (trecho grifado) apontando que os valores encontrados “são normais”. Portanto, sua conduta é percebida como um modelo para a solução do problema proposto pelo software Cidade do Átomo.

Contudo, houve casos nos quais os comportamentos analisados apresentaram pontos de incoerência ou confusão. A dupla 15 exemplifica esse comportamento, quando faz uma pergunta durante a primeira utilização do software: “professora, como é aquilo da usina? uma característica que ela possui seria que ela usa [...] usa.” A partir da colocação da dupla, que foi orientada a explorar o ambiente de Enriquecimento de Urânio no mapa temático, ela completa a descrição da usina nuclear e coloca sua posição sobre a produção de energia escrevendo de forma adequada, apresentando uma evolução de conceitos e entendimento da linguagem relativa à temática:

“(…) que utiliza minério de urânio como combustível (…) algumas pessoas acreditam que este meio de produção de energia seria mais seguro e de menor impacto ambiental, outras acreditam que não seja seguro (…) sou a favor, desde que seja feito um planejamento cuidadoso, que não nos cause impactos ambientais, pois a usina nuclear causa bem menos impactos que as outras.”

No entanto, a dupla 15 demonstrou dificuldades com entendimento de alguns termos relativos a radioproteção. Assim, nas suas respostas, é verificada incoerência quando determinou que os valores de radiação de fundo encontrados na região não estavam dentro da normalidade (quando na verdade estavam), enquanto os valores de

dose para os trabalhadores da usina eram aceitáveis. Contudo, esses estudantes apoiaram o plano de expansão da usina, sob a ressalva de “planejamento cuidadoso”. Portanto, percebe-se que a dificuldade no entendimento de termos específicos leva a uma desvinculação entre linguagem, pensamento e atitude frente à solução do problema.

4.7. DESEMPENHO GERAL - AVALIANDO ATIVIDADES ATRAVÉS DO LIUN

De acordo com o já descrito anteriormente, o depoimento do personagem Demócrito Rutheford Fermi, presente na introdução do software, solicita um posicionamento sobre o projeto de expansão da usina termonuclear da cidade. Sendo assim, este posicionamento deve ser elaborado sob a forma de um texto, cuja fundamentação está baseada no preenchimento das questões presentes no LIUN. O preenchimento é o registro dos valores das intensidades de radiação na usina termonuclear, verificados durante a inspeção da usina, bem como as intensidades de radiação de fundo de amostras de água e solo coletadas na região.

Os resultados presentes no LIUN possibilitam ao professor avaliar a apropriação dos temas presentes em Cidade do Átomo. Dessa forma, foram considerados alguns critérios para a correção do conjunto de laudos confeccionados pelos sujeitos investigados. Esses critérios ficaram compreendidos entre o atendimento ao solicitado e um modelo utilizado como padrão de resposta. Cabe ressaltar que o laudo considerado como modelo de respostas foi aquele selecionado como o melhor LIUN elaborado da totalidade analisada. Especificamente para a última questão, considerou-se a interpretação do usuário frente aos resultados alcançados durante a elaboração das demais questões solicitadas.

Buscando-se apresentar uma visão geral da análise das atividades registradas no LIUN, a Figura 14 ilustra o gráfico com o desempenho geral satisfatório dos sujeitos estudados. Foi utilizado, no eixo vertical, o número total de LIUN analisados, e no eixo horizontal, as questões que constituem o laudo. As barras representam o total de acertos

por questão. O total de relatórios (LIUN) representa os 137 estudantes, visto que alguns realizaram suas tarefas individualmente e o restante trabalhou em duplas.

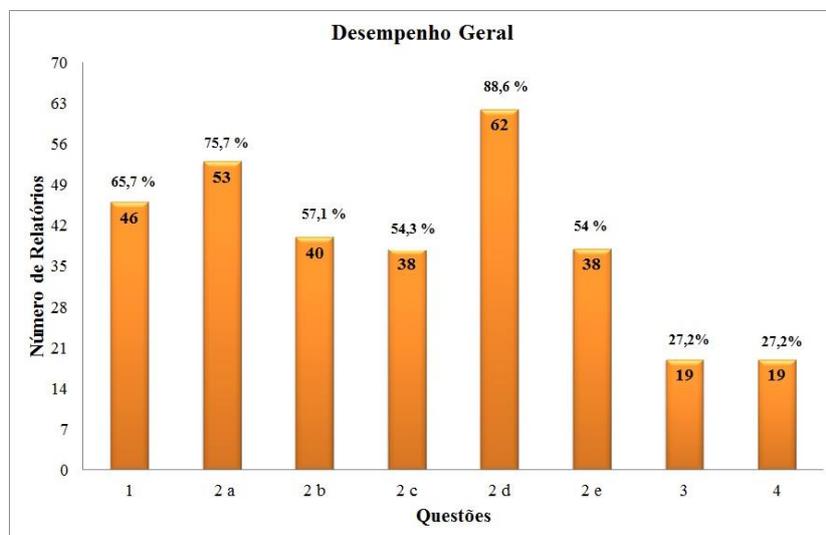


Figura 14: Gráfico com o desempenho geral satisfatório obtido na análise do LIUN dos sujeitos estudados. As questões de 1 a 4 solicitam, respectivamente: localização e características da usina (1); valores limites máximos de dose ocupacional e população (2 a); valores médios de dose recebida para trabalhadores da usina (2 b); comparação entre valores de dose recebida e limites permitidos (2 c); valores de radiação de fundo na região da usina (2 d); comparação entre valores de radiação de fundo na usina e valores permitidos (2 e); conclusão (3) e produção textual (4).

Percebe-se que as questões número 1 e, número 2, itens a e d, apresentaram um melhor resultado quando comparadas ao desempenho das demais (acima de 60%). As questões número 3 e 4 são peculiares, pois solicitam uma conclusão e a confecção de um texto com a posição final dos sujeitos sobre a usina inspecionada e sua possível expansão. Ambas ficaram caracterizadas com desempenho inferior considerando apenas o modelo de respostas satisfatórias.

4.7.1. Resultados da questão número 1 – a localização e caracterização da usina termonuclear

A primeira questão do LIUN solicita a localização e caracterização da usina termonuclear. O laudo modelo de respostas consideradas satisfatórias apresenta para a

primeira questão as coordenadas de localização, bem como algumas descrições geográficas da região, além das características da usina. A resposta tomada como padrão está detalhada na Tabela 3, que contém a respectiva resposta utilizada como modelo para a análise dos laudos confeccionados pelos estudantes.

Tabela 3: Modelo de resposta para a questão número um do LIUN.

QUESTÃO	RESPOSTA
<p>Nº 1 – Identificação da usina nuclear inspecionada: Onde ela fica localizada? Quais são suas características?</p>	<p><i>A usina nuclear esta localizada na Cidade do Átomo, próxima ao mar, com as seguintes coordenadas: 625; 103. Apesar de sua complexidade tecnológica, o funcionamento de uma usina nuclear é fácil de compreender. Ela funciona com princípio semelhante ao de uma usina térmica convencional: o calor gerado pela combustão do carvão, do óleo ou do gás vaporiza a água em uma caldeira. Este vapor aciona uma turbina, à qual está acoplado um gerador, que produz a energia elétrica. Na usina nuclear, o calor é produzido pela fissão do urânio, combustível utilizado pela usina, no núcleo do reator. Há atrasos nas inspeções técnicas de prevenção.</i></p>

Dentre os laudos analisados, aproximadamente 65 % apresentaram respostas de acordo com este padrão. Os demais, (18 %), continham somente uma localização simples, que tomaram como base referenciais do tipo zona urbana, litorânea, entre outras. Poucos laudos apresentaram somente as características (2,8 %). O gráfico apresentado na Figura 15 ilustra estes resultados.

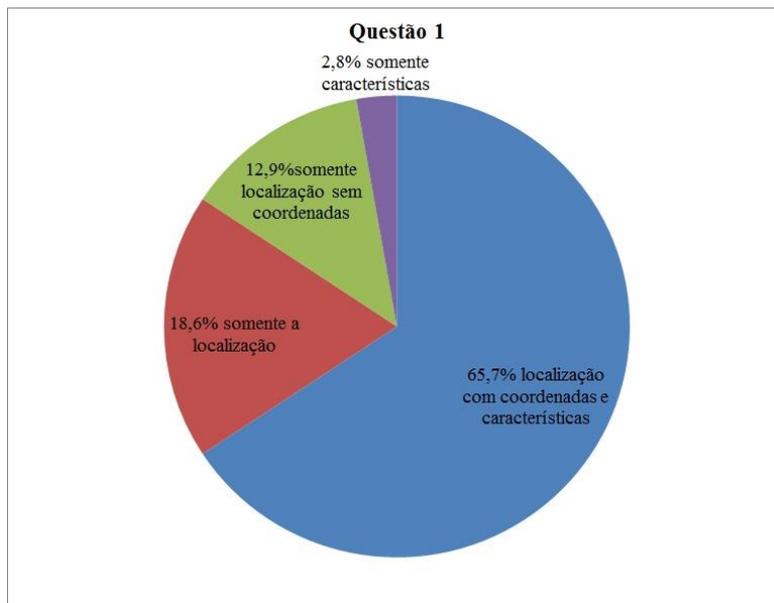


Figura 15: Gráfico ilustrando os percentuais de respostas satisfatórias para a questão 1.

O enunciado não especifica a maneira como o aluno deve localizar a usina nuclear. Apesar disto, vale destacar a autonomia e percepção daqueles que informaram a localização da usina utilizando coordenadas. Tal conduta aponta uma utilização satisfatória dos recursos e apropriação das funcionalidades do software.

A segunda solicitação da questão refere-se à caracterização da usina termonuclear. Observou-se que a maioria das respostas apresentou descrição sobre o funcionamento da usina, como exemplo, o tipo de combustível, tipo de reator, a situação de atraso na inspeção, etc. Isto está em concordância com a resposta da Tabela 3. Alguns laudos apresentaram como características os ambientes da usina, tais como os detalhes dos prédios e instalações e a importância da usina para a cidade, e também foram tomados como corretos durante a análise. Este tipo de informação é obtido com a leitura da descrição do funcionamento da usina quando realiza a atividade de inspeção solicitada pela ferramenta. Nesta parte, novamente, observa-se a facilidade dos usuários em articular informações com as ferramentas disponíveis em Cidade do Átomo.

4.7.2 Resultados da questão número 2 – valores de proteção radiológica

A segunda questão do LIUN é extensa na sua resolução, pois trata dos valores de proteção radiológica obtidos através dos resultados da análise das amostras de solo e água coletadas e da inspeção da usina termonuclear na região de Cidade do Átomo. A Tabela 4 descreve a questão, que é subdividida em 5 solicitações. Percebe-se que os primeiros três itens (a, b e c) solicitam informações sobre a inspeção realizada na usina.

Tabela 4: Modelo utilizado como padrão de resposta para a questão número dois do LIUN.

	QUESTÃO	RESPOSTA
Inspeção radiológica	2 a) Quais são os valores limites máximos para a dose recebida (mSv) por trabalhadores e população em geral?	<i>Para trabalhadores que lidam com radiação a dose equivalente anual deve ser inferior a 50 mSv, para irradiação uniforme do corpo todo. O nível máximo permitido de radiação para indivíduos que residam próximos às áreas com alta radiação de fundo é de 5 mSv ao ano. A população como um todo não pode estar sujeita a doses maiores que 50 mSv em um período de 30 anos. Em exames radiológicos, nenhum tecido deve receber mais que 500 mSv ao ano. A dose máxima para o tecido cristalino, responsável pela visão, é de 150 mSv ao ano.</i>
	2 b) Quais são os valores médios de dose de radiação recebida pelos trabalhadores da usina inspecionada?	<i>Varia de 0.01 mSv a 0.99 mSv com média em torno de 0,5.</i>
	2 c) Os valores de dose recebida pelos trabalhadores estão de acordo com os limites máximos estipulados para a proteção radiológica?	<i>Sim.</i>
Radiação de fundo	2 d) Quais são os valores de radiação de fundo encontrados na região em que se encontra a usina nuclear?	<i>Valor Mínimo: 68,89 (nGy/h) , Solo; Localização: 340, 378; Valor Máximo: 265,13 (nGy/h) , Solo; Localização: 637, 280; Valor Médio: 119,64 (nGy/h).</i>
	2 e) Os valores de radiação de fundo estão normais em relação a valores encontrados em outras regiões ou cidades investigadas?	<i>Sim.</i>

O item a solicita os valores limites máximos de dose recebida por trabalhadores e a população em geral. Para respondê-lo é necessário que o aluno busque informações na ferramenta Biblioteca, a qual fornece algumas tabelas e textos relativos a doses normais para o público, doses ocupacionais (para os trabalhadores que lidam com radiação) e limites para doses equivalentes absorvidas durante diagnósticos médico-odontológicos. A resposta tomada como padrão demonstra uma síntese das informações textuais contidas na Biblioteca, apontando para uma descrição detalhada, porém objetiva das informações pesquisadas.

Da totalidade analisada, 53 laudos apresentaram respostas similares ao padrão de correção. Como é possível perceber, aproximadamente 75 % dos sujeitos atingiram um nível satisfatório no uso do recurso e interpretação da solicitação. A Figura 16 ilustra o gráfico com as respostas analisadas para a questão 2, item a.

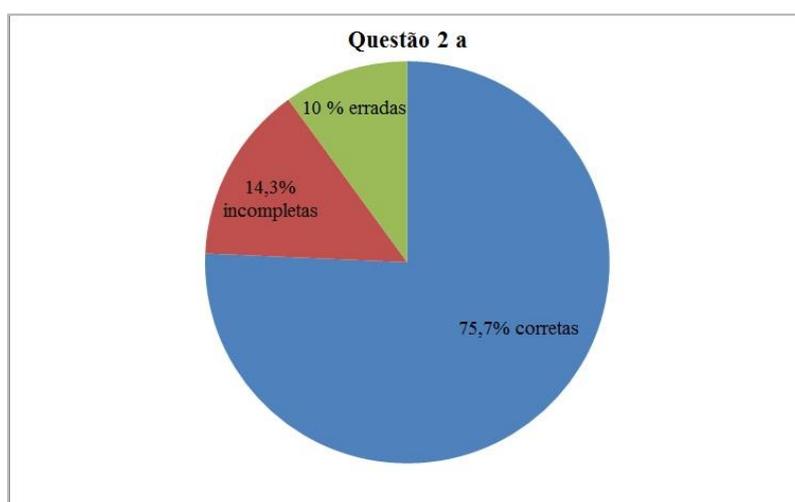


Figura 16: Respostas apresentadas para o item a da questão 2.

Quase um quarto (24,3 %) dos laudos compreendeu respostas incompletas ou erradas. Dentre as respostas consideradas incompletas, verificou-se que continham somente a informação de dose ocupacional. Considerou-se como incorretas as que apresentaram qualquer outro valor diferente dos limites de doses para o público em geral e ocupacional. Para essas respostas, percebe-se que este grupo de alunos selecionou qualquer valor de limite de dose encontrado durante a pesquisa na

Biblioteca, demonstrando dificuldades na compreensão e seleção de informações textuais estudadas. Isto ratifica os resultados verificados anteriormente, que foi percebido como um limitante à continuidade das tarefas solicitadas pelo software e necessitou frequente mediação por parte do professor.

O enunciado do item b requer a média das doses recebidas por trabalhadores da usina nuclear. Esses valores são obtidos a partir da navegação sobre as instalações da usina e fazem parte da atividade de inspeção da usina nuclear. Uma parcela de 57 % das respostas estava de acordo com a resposta tomada como modelo. Possivelmente a dificuldade encontrada para a elaboração desse item foi a falta de compreensão, ou até mesmo de uma visualização mais atenta dos valores, cujo intervalo estava definido entre 0,01 e 0,99 mSv.

A resolução de 2 c é dependente das respostas dos itens anteriores, ou seja, necessita de consulta aos valores limites máximos de dose (apresentados em 2 a) e a comparação com dados obtidos em 2 b. O gráfico ilustrado pela Figura 17 auxilia na visualização da análise destes três tópicos, onde o eixo horizontal apresenta o número de laudos e o eixo vertical o respectivo item da questão 2. As barras informam o número de respostas corretas. Nesta parte visualiza-se que os resultados observados nos itens b e c têm correlação, visto que 38 laudos (aproximadamente 54 %) demonstraram respostas corretas. Porém, houve significativa diferença de respostas satisfatórias ao se comparar com a solicitação em a. É interessante notar que uma parcela relevante de alunos não soube confrontar os resultados obtidos durante a inspeção da usina com aqueles dos conteúdos textuais selecionados para a elaboração de 2 a.

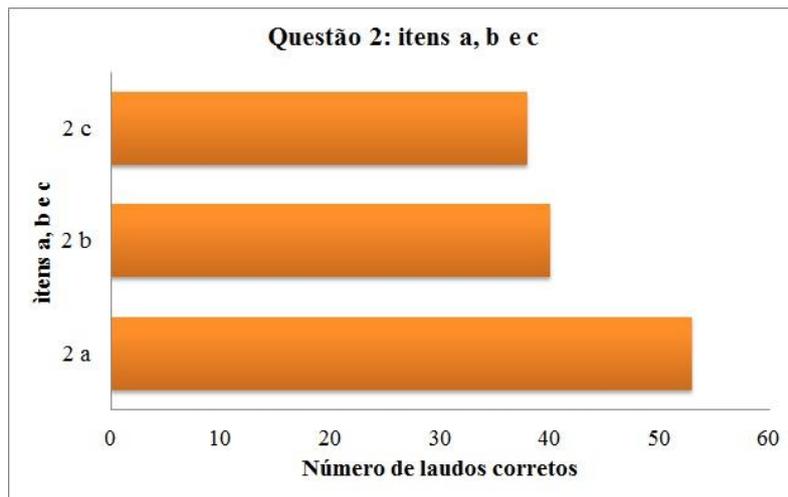


Figura 17: Respostas corretas apresentadas nos itens a, b e c da questão número 2 do LIUN.

Os itens d e e compõem a parte final da questão 2 e solicitam os valores de radiação de fundo encontrados na região em que se localiza a usina nuclear. Além disso, é necessário compará-los com valores aceitáveis em outras regiões. Foi observado que os alunos apresentaram melhor desempenho no item d (62 laudos corretos), possivelmente devido ao fato de somente transcrever os valores da análise diretamente para o laudo. No entanto, quando é requerido compará-los, no item e, verifica-se dificuldade de análise e interpretação novamente. Abaixo segue o gráfico lustrado na Figura 18 com a comparação entre os referidos itens.

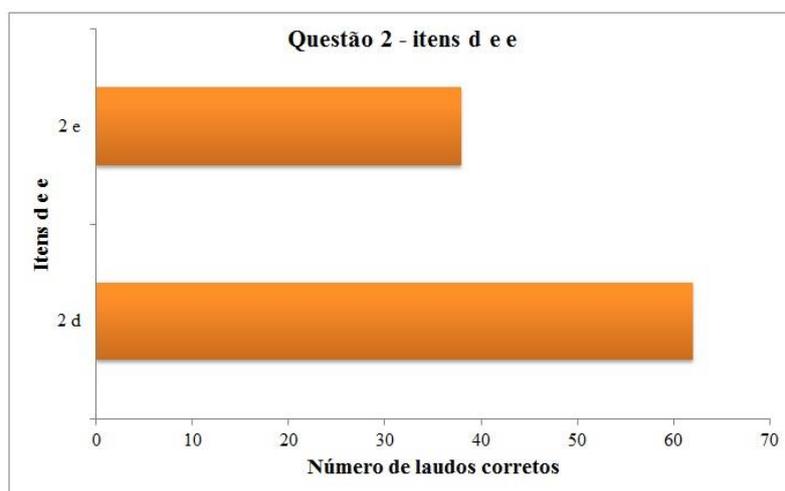


Figura 18: Respostas corretas apresentadas nos itens a, b e c da questão número 2 do LIUN.

4.7.3. Resultados da questão número 3 – conclusão

A questão número 3 exige que os estudantes façam uma análise da conjuntura de dados coletados e observados até o momento, portanto, resume os resultados apontados no laudo e ações tomadas durante o uso da ferramenta Cidade do Átomo. É constituída de alternativas, dentre as quais o usuário deve escolher somente uma como resposta. Apenas 19 laudos apresentaram respostas coerentes com a análise de dados inseridos durante a elaboração das demais questões. Dentre eles se encontra o laudo tomado como modelo. As alternativas oferecidas ao usuário para a confecção da questão estão descritas abaixo. A primeira alternativa é considerada como correta e se encontra grifada.

- Os valores de dose de radiação recebida pelos trabalhadores e de radiação de fundo estão dentro da normalidade, a usina nuclear pode continuar funcionando sem interrupções.
- Os valores de dose de radiação recebida pelos trabalhadores e de radiação de fundo são aceitáveis, embora um pouco acima da normalidade, a usina nuclear pode continuar funcionando sem interrupções, mas deve sofrer uma inspeção mais atenta.
- Os valores de dose de radiação recebida pelos trabalhadores e de radiação de fundo são elevados, embora não emergenciais, a usina nuclear deve interromper temporariamente seu funcionamento para que seja realizada uma rigorosa inspeção e a manutenção de todos os equipamentos, sistemas de segurança e prevenção de acidentes.

Os valores de dose de radiação recebida pelos trabalhadores e de radiação de fundo são emergenciais, o Programa de Emergência deve ser acionado: a usina nuclear deve interromper imediatamente seu funcionamento e a população que vive ao entorno da usina deve ser evacuada, até que sejam conhecidos os motivos para os elevados valores encontrados e os problemas sejam resolvidos.

Cabe ressaltar que esta questão apresentou o maior número de equívocos, embora seja uma conclusão das atividades. Dentre os erros mais frequentes houve duas

alternativas que foram mais selecionadas: a segunda, que apresenta valores aceitáveis, porém ligeiramente acima da normalidade; e a terceira, que informa valores elevados, embora não emergenciais. A Figura 19 ilustra o gráfico com a distribuição de respostas para a questão 3.

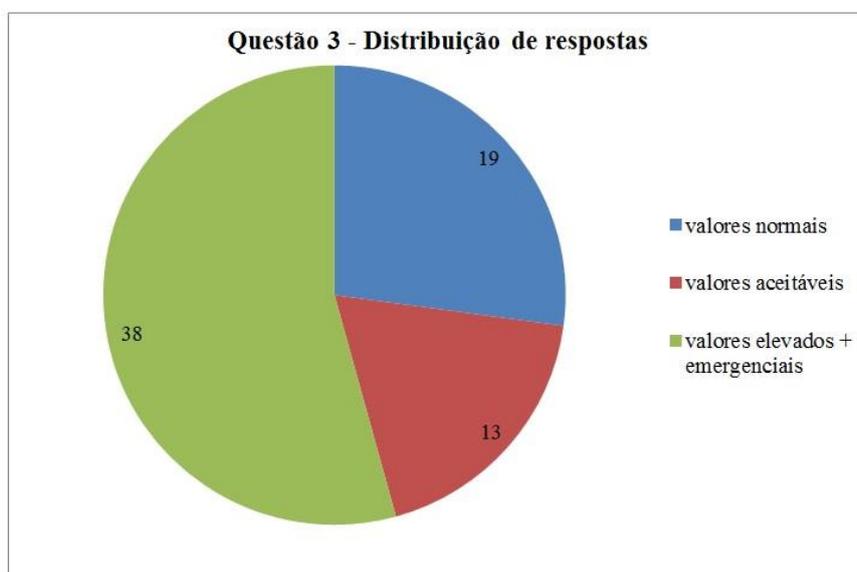


Figura 19: Gráfico com a distribuição de respostas para a questão 3.

A legenda “valores elevados + valores emergenciais” representa a soma de laudos que marcaram as duas alternativas de conclusão. Optou-se por agrupar estas afirmações, já que ambas indicam uma situação oposta daquela que é considerada correta. Dessa forma, observa-se que mais da metade (38 laudos) da totalidade de laudos analisados apresentou este tipo de conclusão.

É perceptível o início de uma demonstração de resistência de opinião com relação à energia termonuclear, mesmo quando os resultados das análises de radiação de fundo e da inspeção da usina informaram o contrário, pois apontavam para a normalidade de funcionamento da usina. Tal afirmativa é confirmada quando se analisa em conjunto a produção textual contida na última questão do LIUN, que será discutida na próxima seção.

4.7.4. Resultados da questão número 4 – produção textual

Espera-se como resposta para a questão 4 um texto com coerência entre a resolução das solicitações, um posicionamento acerca das condições da usina inspecionada e sua possível ampliação. Além disso, é necessário escrever um posicionamento sobre a produção de energia termonuclear.

Dos textos analisados, a Tabela 5 apresenta a resposta tomada como modelo para a análise das demais produções textuais dos alunos e pertence ao LIUN da dupla 54. Dessa forma, tem-se como resultado somente 19 laudos considerados satisfatórios em relação ao padrão de correção.

Tabela 5: Questão número 4 e resposta modelo - produção textual.

Questão número 4	Resposta
Em função das informações coletadas para o preenchimento desse laudo e em relação aos depoimentos colhidos junto aos moradores de Cidade do Átomo, qual sua posição sobre o projeto de expansão da Usina Nuclear? Você é contra ou a favor à produção de energia elétrica através do uso da energia nuclear?	<i>Somos a favor, pois o urânio é bastante abundante facilitando na produção de energia uma vez que não dependem de influências climáticas para produção podendo auxiliar no desenvolvimento da sociedade como acontece nas grandes potências que utilizam esta fonte de energia. Como os valores de radiação da usina são normais não vemos problema algum em ampliá-la. Os impactos ambientais são relativamente baixos, desde que sejam fiscalizadas rigorosamente as usinas para não ocorrer nenhum acidente, e o lixo radioativo seja armazenado corretamente. Com a crescente falta de recursos para produção de energia, esta seria uma ótima forma de suprir as necessidades da população mundial.</i>

Diante desse contexto, percebe-se que esse valor é relativamente inferior quando comparado às demais correções. É possível ver isto como um resultado cumulativo da dificuldade de interpretação dos dados estudados e obtidos durante a confecção do LIUN pelos estudantes. Assim, buscou-se verificar os posicionamentos e argumentações apresentadas alinhando conclusão (questão número 3) e produção textual. Por vezes, os valores de radiação obtidos com a inspeção da usina (questão 2 c) e com a coleta de

amostras da região (questão 2 e) também foram analisados. Desconsiderou-se, portanto, os equívocos registrados com relação à normalidade dos valores das questões 2 c e 2 e.

Nesse viés, um caso muito observado foi a presença de laudos com valores dentro da normalidade, porém, sendo registrado como conclusão valores aceitáveis ou elevados. Pode-se sugerir até mesmo uma falta de atenção na seleção do tipo de conclusão na questão número 3, apesar de significativa reincidência. Um exemplo é o texto descrito abaixo, pertencente a dupla 20, cujos valores foram apontados como aceitáveis:

Nós somos contra, porque apesar da usina da Cidade do Átomo estar com valores aceitáveis, ainda podem ocorrer muitos acidentes como o de Chernobyll ou Fukushima, devido a negligência humana. A negligência no momento do descarte de resíduos também é um imenso risco, pois normalmente os resíduos são descartados nos mares e rios poluindo e matando muitos seres que vivem nestes ambientes. Logo concluímos que usinas nucleares são muito perigosas, apesar do baixo custo de produção e dos combustíveis, um pequeno erro humano pode destruir uma cidade inteira.

Uma parcela relevante de LIUN apresentou a conclusão com valores elevados, sendo que eram normais. No entanto, é interessante observar o alinhamento entre o texto construído e a conclusão selecionada, obtida no LIUN da dupla de estudantes número 49:

Nós somos a favor da interrupção da usina nuclear por curto período de tempo, para uma inspeção mais rígida em todos os equipamentos de segurança, antes que possa acontecer um acidente ou algo de pior na usina e na cidade. A evacuação não acho que seja necessária, pois não são tão elevados os valores de mSv na usina, mas na cidade são liberados níveis de radiação um tanto quanto altos em alguns locais, e por isso, é necessário uma inspeção mais rígida no local. Se tudo ocorrer bem, sem nenhum tipo de problema, a usina poderá voltar a funcionar normalmente sem mais preocupações para os moradores e trabalhadores da usina. (Grifo meu)

No exemplo acima, percebe-se uma preocupação por parte do autor em integrar a conclusão com a ação a ser providenciada na usina termonuclear – valores elevados, embora não emergenciais, necessitando de interrupção do funcionamento por curto período – haja vista os possíveis danos/acidentes que poderão decorrer. É interessante

destacar a possível apropriação dos conceitos de dose absorvida e radiação de fundo, quando é citada a unidade mSv e radiação de fundo em alguns locais, respectivamente, no trecho grifado.

Apesar de alguns laudos apresentarem a opção correta de conclusão, e de certa forma, apresentaram respostas alinhadas com o modelo, demonstraram um posicionamento contrário ao uso da energia nuclear para a produção de energia elétrica. No próximo exemplo descrito, registrado no LIUN da dupla 11, percebe-se que o autor apresentou um conhecimento de algumas vantagens da energia termonuclear, pois é possível inferir uma comparação entre esta e outras formas de produção de energia. No entanto, isto não altera sua posição frente à energia nuclear, cuja concepção está balizada nos possíveis riscos envolvidos:

Já que deve haver um posicionamento, sou contra. Apesar de ser uma forma de energia mais prática e não ter uma determinada época do ano para produzir energia, há vários outros fatores que são mais relevantes. Há, o tempo todo, grande risco de acidentes na central ou até mesmo nos reatores. Tem que ser construídas em locais isolados e tem maior custo em relação às outras formas de energia. Apesar de todos esses fatores, tem também o grande risco de exposição à radioatividade, os trabalhadores nunca estão totalmente seguros, mesmo com todos os equipamentos de segurança.

Já foi visto que a repercussão de fatos históricos acerca de catástrofes e mau uso das tecnologias nucleares são subsídios para a persistência de um posicionamento desfavorável. Dentre os três textos citados, dois são evidências dessa situação e constituem uma pequena amostra da totalidade analisada. De acordo com isso, pode-se deduzir que esta postura conduziu um significativo número de alunos a concluir que os valores obtidos não poderiam estar dentro da normalidade.

Houve também uma parcela de laudos que apresentaram produções textuais apoiadas pelas opiniões dos diversos “moradores” de Cidade do Átomo. Observa-se a influência desses depoimentos no texto descrito abaixo, elaborado pela dupla 26, onde é nítida a presença de contradição e polêmica do tema energia nuclear:

Uma usina Nuclear usa urânio como combustível. Existem muitas pessoas que são contra, pois não possuem muito conhecimento sobre o funcionamento da usina, muitas delas têm medo de que aconteçam acidentes

como o de Chernobyl, e também pelo fato de que uma usina nuclear tem o problema do lixo radioativo. Mas muitas pessoas também são a favor, pois trás empregos e muito dinheiro para a cidade como em países ricos. Por um lado, seria bom ter uma usina nuclear na cidade, mas isso dependeria muito da opinião dos moradores. Vendo assim, a usina seria a melhor fonte de energia da cidade, mas nós somos contra, pois ela põe em risco a nossa saúde e acumulando lixo tóxico.

A análise dessas produções textuais permite visualizar os diversos pontos de vista possíveis de serem abordados quando o assunto debatido é polêmico e coloca em jogo aspectos quanto a inter-relação homem, energia e ambiente. A partir dessa etapa do trabalho realizado com a ferramenta Cidade do Átomo, tem-se o início da atividade final, em que se propõe a estratégia pedagógica do jogo de representação de papéis.

4.8. O JOGO DE REPRESENTAÇÃO DE PAPÉIS

De acordo com o observado em parágrafos anteriores, as atividades de representação de papéis são semelhantes aos debates. O exercício pode proporcionar o desenvolvimento de diversas habilidades, como a busca de informações para a realização de discussões e reflexões sobre temas polêmicos e controversos.

Diferentes áreas de conhecimento, especificamente a área das Ciências, têm como responsabilidade a dimensão ambiental da educação. Discussões sobre meios de produção de energia elétrica no âmbito escolar são um espaço importante para formação de sujeitos como promove a educação ambiental. Essa temática encontra-se na pauta da educação científica visando a inter-relação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

A dimensão ambiental da educação deve ser uma das preocupações dos educadores que tem por objetivo facilitar as interações com o mundo através da linguagem científica. Chassot (2010) entende que a busca por soluções para um mundo melhor, como a redução de consumo de reservas naturais e a procura por processos sustentáveis dependem das diferentes ações de cada pessoa, individualmente e na coletividade:

Temos como meta ajudar a construir valores sociais, voltados não apenas para a conservação do meio ambiente e sua sustentabilidade, como também, valores críticos que se responsabilizem pelas modificações que ocorrem no ambiente natural. Há a expectativa de que estas contribuam para uma melhor e mais sadia qualidade de vida, Queremos ajudar a transformar o mundo, mas transformá-lo para melhor (Chassot, 2010, p. 53).

Temas envolvendo o meio ambiente, nas formas de reconhecer os problemas e soluções com perspectiva de conservação e manutenção são de grande importância e interesse dos jovens estudantes. Esta tendência de educação contribuiria para uma aprendizagem construtiva e formação efetiva (Gilbert 1995).

4.8.1. A utilização do software Cidade do Átomo para o jogo de representação de papéis

Os depoimentos dos personagens presentes no cenário da Praça Central em Cidade do Átomo podem servir de apoio para a elaboração da terceira tarefa proposta ao usuário: a atividade de representação de papéis. Acessando o referido cenário, pode-se verificar que há 11 depoimentos diferentes, sendo que 3 personagens declaram “não ter opinião formada sobre o assunto”. Esses depoimentos foram retirados de um fórum de discussão de um portal de notícias durante o período de início de operações da usina Angra 2. Segundo os autores do software, o objetivo foi demonstrar contradições e diferentes pontos de vista quando se discute temas polêmicos como é o caso da produção da energia term nuclear (Eichler, Junges e Del Pino, 2006). Portanto, esses depoimentos são transcrições daqueles escritos pelos participantes do fórum. Na sequência, encontram-se os depoimentos, onde as letras indicam o respectivo personagem na Figura 18.

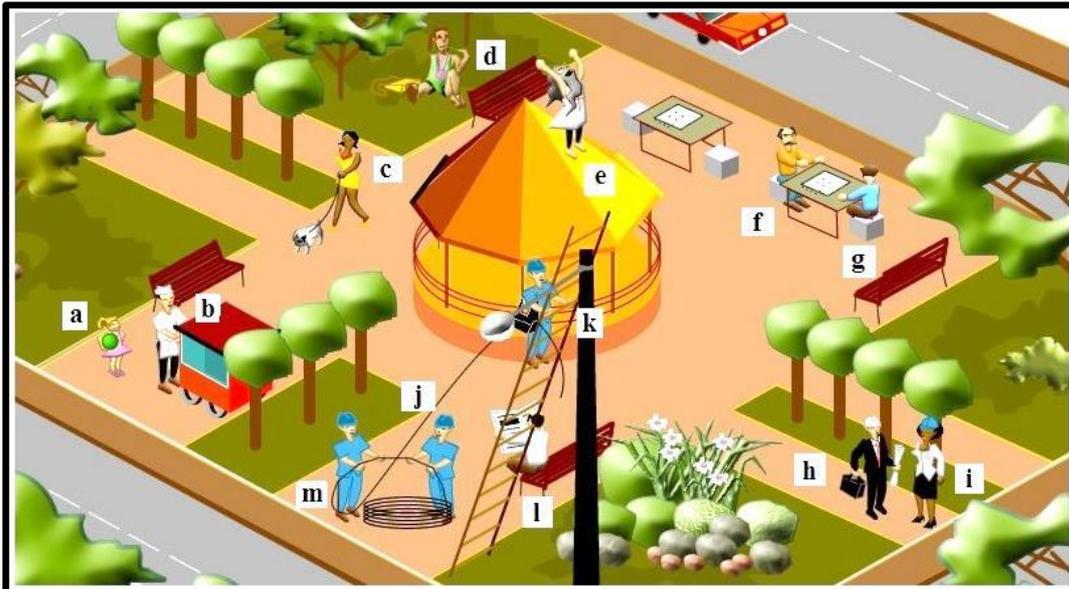


Figura 20: Ilustração da Praça Central de Cidade do Átomo, com indicação das letras que indicam os depoimentos dos personagens.

a) Acho que esse tipo lixo atômico é orível (sic) também (sic) para o meio ambiente porque no futuro se ouver (sic) algum tipo de vasamento (sic) pode sim e com toda sertesa (sic) prejudicar não só o meio ambiente mas a todos os seres vivos.

b) Acho que não deveria existir energia através de usinas nucleares porque é como se fosse uma bomba pronta para explodir. Só não explode porque é controlada, mas se houver algum vazamento como é que fica?

c) A tecnologia que tem em nossas usinas nucleares deixa até países de primeiro mundo de boca aberta... Sou a favor, tem riscos, mas o que hoje em dia não é um risco?

d) Não podemos pensar somente no presente, mas também no futuro, já que a radiação deixa uma herança destrutiva por milhares de anos... o que seria de nossos filhos. A energia nuclear é tão perigosa que não compensam os benefícios. Pensem um pouco, analisem os fatos sem sentimentalismo e empolgação. Analisem logicamente. Assim já nos ensinava o grande filósofo Sócrates.

e) O homem, com suas ideias avançadas, aos poucos está cavando o seu próprio buraco.

f) Certa vez, eu li que o dinheiro gasto nas usinas daria para comprar um apartamento simples para cada habitante do nosso país!!! Tanta coisa mais importante

no âmbito social para se cuidar... tem que se verificar o quanto gerou de propinas e grana por baixo dos panos para serem montadas.

g) Só é contra a energia nuclear quem não entende nada do assunto ou quem acha que isso é tecnologia somente para países ricos. Acho extremamente importante para nosso país, apesar de sua pobreza, dominar a tecnologia nuclear. As pessoas que são a favor do fechamento de nossas usinas, estão fazendo o jogo dos poderosos, que não suportam a ideia de um país de terceiro mundo, líder regional, dominar a tecnologia nuclear. Essa conversa de lixo nuclear é o papo mais furado que já vi.

h) Os países desenvolvidos aumentaram o investimento na Energia Nuclear para aumento de energia elétrica no período da crise de petróleo e foi exatamente a crise que fez nascer a grande preocupação em se encontrar fontes alternativas de geração de energia elétrica. E aí cresceu o setor nuclear, pois ela é a grande fonte de energia, e além de tudo isto, ela preserva o meio ambiente, não emitindo gases e não jogando rejeitos no meio ambiente, pelo contrário, todo rejeito gerado é identificado, catalogado e armazenado e armazenado de forma segura.

i) Atualmente já existe técnicas modernas para armazenar os rejeitos, e tem a vantagem de sabermos qual a quantidade de rejeitos gerados, o local onde ele está armazenado, totalmente diferente de outras indústrias que jogam os rejeitos por aí, sem um mínimo controle. No final das contas, quando se põe tudo na ponta do lápis, o lixo nuclear é um problema pequeno para a humanidade, comparado com outras heranças que estamos deixando para nossos descendentes.

j) Não se pode desenvolver um país sem energia e a que se tem atualmente de forma mais viável é a energia nuclear. As hidroelétricas e a queima de carvão causam um tremendo impacto ambiental.

k), l) e m) “Eu não possuo opinião formada sobre a produção de energia nuclear.

A partir dos personagens visualizados na praça central de Cidade do Átomo, a escolha dos personagens para a representação de papéis foi realizada pelo professor em conjunto com cada turma. Dessa forma, os alunos deveriam selecionar seis personagens

para, dentre eles: um engenheiro, uma dona de casa, um religioso, um ecologista, um político, um trabalhador, um profissional liberal, um aposentado, um estudante.

Depois de definida a composição dos grupos e realizado o sorteio dos personagens que cada um iria representar, os alunos foram orientados com algumas questões, cujo objetivo era auxiliar na construção das falas dos personagens. Essa orientação está baseada na estratégia proposta pelos autores do software (Eichler e Del Pino, 2006), que tinham por objetivo auxiliar na construção dos argumentos dos personagens. Abaixo apresenta-se as questões que orientaram o caminho a ser seguido para a construção da representação de papéis.

- 1) Qual é a sua posição? Favorável ou desfavorável à produção de energia elétrica a partir da energia nuclear?
- 2) Quais são os argumentos que fundamentam sua posição?
- 3) Existem outros indivíduos, organizações ou grupos que concordam com sua posição?
- 4) Que outros indivíduos, organizações ou grupos você acredita que discordam de sua posição?
- 5) Quais são os possíveis argumentos contrários à sua posição?
- 6) Como você poderia responder a esses argumentos?

A forma de apresentação das diversas opiniões das equipes foi escolhida pelo professor, que também atuou como moderador, no formato de um fórum aberto. Cada grupo deveria expor o posicionamento e os argumentos do seu personagem em um intervalo mínimo de dois e máximo de cinco minutos. Para as confrontações entre posições, ou seja, defesas e ataques foram concedidos intervalos menores, de três minutos. A condução destes intervalos foi cronometrada pelo moderador do fórum (professor).

Quando não foi possível chegar-se a um consenso entre os vários pontos de vista estabelecidos pelos grupos participantes, foi proposta pelo moderador a realização de uma votação. O procedimento de votação foi escolhido em conjunto, com todas as

turmas. Assim, quando necessário, optou-se por votação direta, onde cada grupo decidiu por um voto único. O encerramento foi obtido por maioria simples dos votos.

Aplicando a metodologia já exposta, será apresentada a seguir uma análise interpretativa de todos os discursos envolvidos na atividade de representação de papéis feita pelos alunos. Esta análise está organizada por grupo de estudo, como resultado final do trabalho realizado com a ferramenta Cidade do Átomo.

4.8.1.1. Grupo de estudo número um

Neste caso, a representação de papéis se constituiu de seis grupos, representando uma dona de casa, um ecologista, um engenheiro nuclear, um político, um religioso e um trabalhador. A atividade está relatada de forma completa e em ordem cronológica dos diálogos. A maior parte das equipes trouxeram seus depoimentos por escrito e referências consultadas. Em algumas ocasiões, os utilizaram para quando foi necessário, para melhor se expressarem.

O primeiro posicionamento foi realizado pelo grupo que representa um ecologista, que se posicionou contrariamente à produção de energia elétrica através da energia nuclear. Suas inquietações vieram à tona com argumentos baseados nos riscos fornecidos pela presença de usinas nucleares em solo nacional, além de justificativas de melhor uso de fontes alternativas de produção de energia. Apesar de expor uma postura ambientalista convencional, o grupo apresentou um importante diferencial, pois o argumento mais fundamentado foi aquele em que o grupo referenciou a política energética atual da Alemanha:

Ecologista: Nós somos contra o projeto de ampliação da usina nuclear da Cidade. Aqui no Brasil, mesmo não tendo terremotos ou outros desastres naturais, temos as questões dos deslizamentos, que prejudicam muito. Temos o problema de falhas humanas e como o Brasil tem regiões de ventos e também abundância em águas, não vemos a necessidade de usinas nucleares. O próprio governo alemão não está mais apoiando a energia termonuclear. Na página da embaixada alemã está escrito: “O motivo principal para a saída acelerada da energia nuclear foi o fato de não ser possível excluir um risco residual da energia nuclear. O exemplo de Fukushima num país de alta

tecnologia demonstrou que é possível haver erros na avaliação do risco. O fato de as usinas nucleares alemãs serem consideradas relativamente seguras, segundo os padrões internacionais, não muda em nada essa avaliação”

No trecho citado, percebe-se ainda que o grupo buscou informação quanto a problemas de ordem geográfica na região onde operam as usinas nucleares brasileiras. Menciona que não há possibilidade de tsunamis ou terremotos. Porém, cita rumores sobre deslizamentos de terra em função de grandes volumes de chuva, os quais poderiam atingir as usinas. Contudo, o que não é realmente informado é que a central nuclear foi projetada para resistir a vários tipos de acidentes. Mesmo estando numa região com probabilidade muito baixa de ocorrência de eventos sísmicos, o projeto das usinas de Angra, entre outros acidentes externos considerados, leva em conta o maior terremoto que poderia ocorrer no sítio.

O discurso prosseguiu com a desvantagem dos resíduos nucleares, além de justificativas um pouco mais detalhadas. Isto é observado quando o grupo se posiciona a favor de outras formas de produção de energia e relaciona seu ponto de vista com grupos ambientalistas.

Temos como propostas ampliar o uso de eólica e energia solar. Elas não aumentam a emissão de gás carbônico. E apoiamos outras formas de produção, pois não há o que fazer com o lixo atômico, não há formas viáveis de se livrar dele, o que fazer? Incinerar, mandar para o Sol? Também achamos que outros tipos de energia geram menores custos que a energia nuclear [...]. Os grupos de defesa, todo mundo conhece o Green Peace. Eles são contra instalação e ampliação de usinas nucleares no Brasil. Vimos um estudo alemão que afirma que outros tipos de produção saem 25% mais em conta [...]. Nós trouxemos a fala do senador Braga, que encontramos durante a pesquisa: “Para o Brasil, a energia nuclear não é vital. Só precisamos construir usinas cada vez mais seguras. O Brasil não é uma zona de terremotos e Angra (dos Reis) tem poucos registros. Por outro lado, há o risco de deslizamento de terra. É preciso verificar quais são os planos de contingência e de descarte dos resíduos nucleares”.

O grupo denota claramente sua opção por produções isentas de emissão de dióxido de carbono, apoiando as fontes eólica e solar. No entanto, esta parte do discurso demonstrou certa fragilidade com a informação do valor de 25% “mais em conta para

outros tipos de produção”. Quando contestados pelo professor, o grupo não soube responder, visto que seus argumentos não contemplam esse parâmetro.

A segunda equipe a se posicionar inicia seu discurso opondo-se ao colocado pelo ecologista. Este grupo representa um engenheiro nuclear, que refutou a colocação do ecologista com relação a falhas humanas no processo de operação da energia nuclear, da seguinte maneira:

Engenheiro nuclear: Primeiramente eu gostaria de falar sobre o grupo do ecologista. A única coisa que eles destacaram foi o erro humano. Então, eu coloco que sempre há possibilidade do erro humano. E assim, eu convido a todos a regressarem para o tempo do arco e flecha, já que tudo vai dar errado sempre e vamos deixar de evoluir. Quanto ao lixo, realmente há necessidade de aprimoramento no descarte do lixo nuclear. Custo: já existem as usinas no país, o custo é menor no projeto de ampliação, portanto. Quanto à produção, são necessárias as usinas nucleares para alimentação de energia elétrica em um país como o nosso, em desenvolvimento. Quanto ao gás carbônico, que eles falaram, a posição deles deveria ser a favor da energia nuclear, já que é considerada uma forma de produção limpa.

Além disso, o grupo salienta a relação entre desenvolvimento e energia, mostrando um ponto de vista consistente.

Outros componentes do grupo que representa o engenheiro também se posicionaram, reforçando o discurso favorável à produção de energia termonuclear:

[...] uma coisa que o país quer é aumentar o numero de empregos, construir e ampliar usinas podem fazer isto. [...] também é função do engenheiro nuclear pesquisar métodos e processos mais seguros. Há a possibilidade de se estudar outras fontes de combustível sem ser o urânio. Há pesquisas indicando o tório e não o urânio. Ou seja, pesquisar para descobrir novos substitutos para o urânio. [...] fora disso, tenho que ser ciente do meu trabalho. Então, erro humano não é justificativa. Se eu tô dentro de uma usina e fui treinado pra isso...

Com argumentos sobre questões humanas e econômicas, os dois grupos utilizaram seu respectivo intervalo para tais discussões. O grupo do ecologista manteve sua posição reafirmando o problema dos resíduos radioativos. Além disso, insistiu na diferença de magnitude entre erros de procedimentos nucleares e de outras formas de energia. O grupo do engenheiro reforçou seu posicionamento a favor da energia nuclear.

Contudo, apresentou um diferencial: sobre termoelétricas, o grupo buscou informações com um professor de história, que relatou casos de acidente com caldeiras, demanda de energia e problemas de saúde na população da região. É interessante observar que os alunos valeram-se da sua realidade local para defender seu ponto de vista. Assim, suas experiências pessoais também serviram de argumentos.

Ecologista: mas e o dinheiro gasto em segurança e armazenamento do lixo atômico? O governo podia usar o dinheiro gasto com isso em muitas outras coisas. Já falamos que até o governo alemão não está mais apoiando a expansão de usinas nucleares lá e está apoiando as brasileiras.

Engenheiro: tá bom, mas aqui em Charqueadas tem material de tecnologia cara guardado há mais de 40 anos, e o governo não fez nada.

Ecologista: é muito diferente, o impacto é menor. Os erros são bem menores em outros tipos de usinas, outras formas de energia. Se um médico erra, ele tira a vida de uma ou poucas pessoas, se um engenheiro nuclear erra, ele acaba com uma cidade inteira ou mais.

Engenheiro: o erro é o mesmo, erro profissional. Além disso, assim tu tá considerando que um médico vai errar só uma vez? Nunca mais vai errar?

Ecologista: com um médico não há como evitar, mas com o tipo de energia, tem. É só não construir e usar usinas nucleares. Com a usina nuclear é diferente, se pode evitar que isso aconteça.

Engenheiro: a usina de São Jerônimo teve episódios de contaminação, as pessoas que moravam próximo ficaram doentes. Aqui em Charqueadas também. Quando decidiram ligar três ou quatro caldeiras, quase derrubaram a usina, resultou em acidente e não estamos falando em usina nuclear, é outro tipo de energia que resultou em erros também.

Ecologista: usina nuclear, quando acontece um acidente, pode comprometer a água, o ar, o solo e a saúde das pessoas. Com isso, pode-se mencionar a questão dos resíduos. Ainda mais aqui no Brasil que já temos o chorume contaminando as cidades, as fontes de água potável. Ainda vamos ter que resolver um possível problema de lixo nuclear?

Engenheiro: eu fui procurar um professor de história aqui da região para saber dos acidentes e demanda de eletricidade. Ele contou que há muitos anos foi preciso acionar as quatro caldeiras da termoelétrica de São Jerônimo. Então, eu coloco a pergunta, qual é a forma mais barata de produzir energia? Porque é necessário para o desenvolvimento, há falta na região.

Ecologista: tá, mas agora tu é contra ou a favor? Porque com isso tu tá defendendo outros tipos de produção de energia.

Engenheiro: sou a favor da nuclear.

Cabe ressaltar que a retomada do problema de armazenamento de resíduos radioativos, colocada pelo ecologista, é coerente com a presença deste tema na mídia. O problema também é recorrente nas informações textuais fornecidas pela ferramenta Hemeroteca de Cidade do Átomo, sendo que alguns alunos, como por exemplo, os componentes deste grupo, utilizaram alguns textos como referência. No entanto, pouco é visto nesses textos dados sobre a reutilização desses resíduos. Os assuntos mais presentes tratam do tempo de armazenagem, que pode chegar a milhares de anos, depósito e quantidades geradas com os procedimentos de operação das usinas.

A geração de energia termonuclear tem como maiores problemas a aceitação pública desta tecnologia e os resíduos radioativos produzidos. Uma alternativa possível, mas que ainda não é empregada no Brasil, é a reciclagem dos combustíveis através do uso de reatores específicos para esta função. A opção atual de armazenamento é o uso de piscinas de estocagem para o combustível irradiado, que garante proteção radiológica e remoção do calor residual (Brasil, 2007).

Segundo Cesaretti (2010), a reciclagem desses resíduos radioativos pode diminuir o volume e o tempo de estocagem para cerca de 500 anos e reduzir consideravelmente o impacto ambiental. Esse intervalo de tempo é similar ao tempo requerido para a decomposição de plásticos, borrachas, pilhas e baterias, cujo controle e disposição ainda são negligenciados por considerável parte da sociedade.

Portanto, a possibilidade de reciclagem dos combustíveis utilizados em termonucleares foi informada pelo mediador, logo após a finalização de alegações entre os grupos do ecologista e do engenheiro. Ainda nesse contexto, foi interessante observar o ataque feito pelo grupo que representa o engenheiro, na forma de um comparativo com equipamentos subutilizados em outros tipos de usinas, mostrando que tanto resíduo radioativo quanto tecnologia desperdiçada, também geram custos. Mesmo assim, nesse instante, não houve um consenso entre os referidos posicionamentos.

Após esse momento, foi necessária uma intervenção do professor que encerrou as discussões entre os personagens, para poder abrir espaço para o próximo personagem, o religioso:

Religioso – primeiro, eu convido a todos darem as mãos para uma oração em grupo [...] E vamos começar colocando pontos prós e os pontos contras. Pensando somente na nossa região, somos contra a presença de uma usina nuclear, pois vai nos colocar em altos riscos, pode nos trazer muitas desgraças, como muita morte e doenças. Por outro lado, somos a favor da radioatividade. Ela pode trazer a cura para muitos males do ser humano. A radioterapia, por exemplo, pode trazer tratamento para redução e cura de alguns tipos de câncer. Pensamos para a usina nuclear, que os profissionais devem trabalhar para retirar todos os riscos à população, é tarefa deles realizar isto, ter o cuidado com manutenção e níveis de radioatividade. Somos religiosos, e somos a favor do desenvolvimento e evolução.

Em mais um intervalo nos confrontos entre os grupos presentes, foi necessária nova intervenção do professor, numa tentativa de instigar a turma. Assim, o personagem religioso inicia a defesa de seu posicionamento, seguido do engenheiro que aponta uma contradição no depoimento:

Professor: Então, o religioso se mostra favorável aos benefícios da radioatividade aplicada à medicina. No entanto, a produção de energia elétrica também não é um benefício? O uso da radioatividade na medicina também não pode apresentar riscos ou falhas na produção e manipulação?

Religioso: isso, o problema é o homem, não a tecnologia.

Engenheiro: acabo de consultar a web e vejo que a cura para a doença do sono na África utiliza materiais radioativos. Então vocês querem a tecnologia para a cura de doenças e não querem ela para o aumento de fornecimento de energia elétrica, que pode aumentar pesquisas e aplicações para cura de mais doenças com o dinheiro, riquezas vindas dela? Não é contraditório?

Religioso – não, pois o essencial é a finalidade desse uso. Não vale a pena correr os muitos riscos que as usinas nucleares oferecem.

Questões sobre os meios de produção de energia elétrica são controversas, ainda mais quando se coloca em jogo o uso da energia nuclear. Embora o professor tenha incitado que outras aplicações da radioatividade também podem apresentar insegurança, o discurso do religioso deixa claro que sua preocupação com os riscos oferecidos

persiste quanto ao uso de tecnologias nucleares como fonte de energia elétrica. Além disso, as alegações em prol de tecnologias nucleares e apontamento do antagonismo de ideias feitas pelo grupo do engenheiro não conseguiram persuadir as intenções dos componentes do grupo do religioso.

O momento subsequente é formado pela participação do grupo da dona de casa, que manifesta apoio ao do religioso. Logo depois, a personagem dona de casa solicita seu espaço para apresentar seu posicionamento acerca da energia nuclear:

Dona de casa: Nós apoiamos, em parte, a opinião do religioso e gostaríamos de falar o que o nosso personagem pensa. Professora a gente entrevistou algumas donas de casa para saber das suas opiniões e montar uma fala para a personagem. Então, como dona de casa, somos contra, em parte. Porque a gente se preocupa com nossos filhos, nossa família e com o perigo que se corre com uma usina né, perto de casa. Ao mesmo tempo, sabemos que precisamos de desenvolvimento, empregos, mas quanto vale a pena correr esse risco?

No instante subsequente à fala do grupo da dona de casa, o professor faz um comentário a respeito desta última colocação sobre o tema debatido. Dando prosseguimento, o grupo complementa o seu posicionamento:

Professor: Gente, vocês estão escutando o que elas estão dizendo? O grupo diz, em outras palavras, se eu entendi bem, que se houver vantagem para a família delas, podem existir usinas nucleares à vontade. Eu gostaria de um posicionamento das outras equipes a respeito disso.

Dona de casa: é que depende. Depende do que vai receber de vantagem, indireta ou diretamente (risos). Por exemplo, com a usina, vai ter emprego pro marido dela. Isso é uma vantagem. Depende disso, se estão precisando de emprego, dinheiro. E se ela for esposa de um engenheiro que trabalha em uma usina, ela vai acabar sendo a favor da produção de energia nuclear.

Para as alegações do grupo da dona de casa, os grupos do ecologista e do religioso criticaram rapidamente o discurso apresentado, mencionando que “elas não são contra e nem a favor da energia nuclear, somente estão focando o que é favorável a elas próprias.” Assim, é perceptível uma discussão acerca de questões culturais, econômicas e sociais, que pode ser determinante quando se trata de posicionamentos frente ao ambiente em que se vive, e que afetam diretamente possíveis resoluções de

problemas complexos que envolvam o equilíbrio entre necessidades humanas e meio ambiente.

O próximo grupo a incluir seu posicionamento foi o que representava um trabalhador da limpeza urbana do município. O grupo realizou uma entrevista com um trabalhador da prefeitura (limpeza urbana) para construir os argumentos de seu personagem, cuja filmagem foi apresentada durante a atividade. Com isto, é demonstrado mais um personagem de posicionamento desfavorável à energia nuclear:

Trabalhador: então, nós pensamos qual seria a opinião de um trabalhador qualquer sobre o assunto, considerando que ele não trabalha com nada sobre energia nuclear? Ele não teria como se posicionar contra ou a favor por não saber o que é energia nuclear? Achemos que se perguntássemos sobre a geração de energia nuclear para um trabalhador, ele não saberia responder, por não ter tido ensino, conhecimento sobre o assunto e por não ter acesso a informações, que não fazem parte do seu dia-a-dia. Se perguntássemos, ele provavelmente seria contra, pelos impactos que se houve falar. A sociedade é muito preconceituosa com essas pessoas, porque a maioria delas não teve estudo.

Por isso, entrevistamos um trabalhador na rua. Ele disse que seria contra, pelo o que ele vê de notícias na televisão. Pois, pelo visto, energia nuclear é muito perigosa e exige muitos cuidados. Ele diz: Acho que existem muitas outras formas de gerar energia, sem os riscos à população e ao meio ambiente.

Percebe-se que esta visão relatada pelo grupo precisa ser melhor problematizada, visto que os estudantes têm apresentando uma ideia de que somente informações oriundas da internet teriam maior fidelidade. Ainda observa-se uma tendência em considerar que um público constituído por pessoas mais velhas, ou que não tenham um nível de instrução superior, posicionam-se contra a energia nuclear e obtém suas informações a partir de meios não confiáveis. Tal postura é recorrente e será melhor discutida nas análises dos próximos grupos.

A última equipe a se pronunciar foi a que representou um político, que se colocou a favor da energia nuclear. Seu discurso foi interrompido por outros grupos, mas devido ao perfil das oposições e participação ativa, não sofreu interferência do professor:

Político: Existem muitos fatores a se considerar e o mais importante é o apoio às tecnologias modernas e eficientes que irão fornecer crescimento, desenvolvimento, maior qualidade de vida para a nossa população. A energia nuclear só traz benefícios a nossa sociedade. Temos uma posição a favor das nossas usinas, onde já investimos muito dinheiro, e a medida mais inteligente é apoiar seus projetos de expansão. Seria um desperdício de dinheiro público – e isso o povo não quer! - não continuar com projetos para segurança e ampliação da oferta de energia. Se pensarmos em outras formas de produção, por exemplo, a solar, a maior parte da população não tem condições de compra e instalação dos painéis atualmente. Então, mais viável é ampliar projetos de usinas nucleares já existentes. Também queremos deixar claro que estamos trabalhando e desenvolvendo projetos para outras formas de energia, que irão, lado a lado, com a nuclear, trazer riquezas para nossa região.

Religioso: mas que energias? Só podem estar tendo benefícios em causa própria. Alguém deve estar levando vantagem.

Político: mas também existem os que trabalham com seriedade e buscam novas formas de produção de energia e no benefício para a população. É isso que estamos falando.

Ecologista: o Brasil é um país com grande extensão territorial, se nós pegarmos dados de desmatamento desde década de oitenta, veremos o quanto foi desmatado e o ambiente explorado, portanto, vamos continuar lutando contra projetos que prejudiquem o meio ambiente. Então, quais são esses novos projetos?

Político: estudos estão sendo feitos para escolher o melhor tipo de usina, que não vai afetar o meio ambiente.

Após todos esses posicionamentos, o grande grupo não chegou a um consenso final sobre o tema discutido. Portanto, o professor determinou o início do processo de votação. Somente dois grupos apoiaram a utilização da energia termonuclear, sendo eles, o grupo que representou o engenheiro nuclear e o político. O religioso, o ecologista, a dona de casa e o trabalhador mantiveram seus posicionamentos contrários à produção de energia elétrica através da nuclear. Dessa forma, o grupo de estudo número um definiu posição contrária ao uso da energia nuclear.

4.8.1.2. Grupo de estudo número dois

O grande grupo foi composto por equipes que representaram, respectivamente, um ecologista, uma dona de casa, um engenheiro, um religioso, um político e um médico. Os depoimentos também estão registrados em ordem cronológica. Especificamente para este caso, em alguns momentos não foi possível manter a regra de intervalos de tempo para cada grupo se pronunciar. Muitos grupos não tinham argumentos suficientes para manter seu intervalo tempo.

Cabe ressaltar que esse grupo de estudo apresenta alguns detalhes interessantes, dentre os quais destacam-se a presença de um grupo que representa um ecologista favorável à utilização de tecnologias nucleares em diversas áreas, e o grupo do político que faz uma apresentação bastante detalhada, com várias fontes de dados, mostrando as vantagens da energia termonuclear. No entanto, do grande grupo estudado, somente esta última equipe apresentou as referências utilizadas para a confecção do trabalho, bem como um material formatado para sustentar seus argumentos e pontos de vista, com o objetivo de fazer prevalecer seu posicionamento durante as discussões.

Dessa forma, as discussões iniciam com o posicionamento do personagem ecologista:

Ecologista: Apoiamos as usinas nucleares, pois continuar somente com usinas termelétricas, que usam carvão ou gás natural como combustível, prejudica o ambiente com extração de fontes não renováveis. Além disso, há o problema da liberação de grandes quantidades de gases poluentes e aumento do efeito estufa. Usando hidrelétricas tem-se o alto impacto ambiental com as represas.

A falta de segurança seria o único problema das usinas nucleares. No entanto, o número de acidentes é baixo e cada vez mais se tem investido em manutenção e modernização para garantir o processo com segurança. Outro ponto fraco seria o resíduo radioativo. Mas pesquisamos e vimos que também pode ser muito minimizado, já que é possível reaproveitá-lo, sendo que o restante é uma quantidade mínima residual e há tecnologia desenvolvida para o correto descarte. Para as usinas em funcionamento, portanto, temos que lutar para que utilizem essas novas tecnologias de reciclagem de lixo

atômico. Somos assim, ecologistas que apoiam o uso de fontes de energia que não liberem gases poluentes que contribuam para o aumento do efeito estufa.

Como nenhum personagem se propôs a rebater o posicionamento deste primeiro grupo, o mediador abre espaço para a participação do próximo grupo, o qual representa a dona de casa. Além disso, solicitou uma maior participação das equipes. Dessa forma, o excerto a seguir apresenta recortes das transcrições dos argumentos do personagem dona de casa e as oposições feitas pelos personagens engenheiro e ecologista.

Dona de casa: Nossa dona de casa não tem muito conhecimento sobre o uso da tecnologia nuclear, então sua posição é desfavorável, já que seu acesso à informação é pela tv e jornal, onde ano passado vimos o acidente com uma usina no Japão.

Assim como nós, donas de casa, temos outros seguimentos da sociedade que também se posicionam contra à construção de usinas nucleares e o funcionamento das que já existem, como os religiosos e ambientalistas. Esses grupos pensam como a gente, energia nuclear é perigosa, uma única falha na segurança pode devastar grandes áreas e afetar um número muito grande de pessoas.

Ecologista: A gente vai rebater a opinião da dona de casa, aqui no nosso país não há terremotos, estamos localizados no meio de uma placa tectônica, sem probabilidades desse tipo de desastre natural e, portanto, podemos e devemos aproveitar a energia nuclear.

Dona de casa: Mesmo assim usinas nucleares são perigosas, corremos muitos riscos se algum funcionário errar na operação da usina. E os acidentes de Chernobyl e do Japão, todos já esqueceram?

Engenheiro: O caso de Fukushima, no Japão, foi devido a desastre natural, o tsunami, que aqui não há possibilidade. E o vazamento nos reatores ocorreu porque a tecnologia empregada naquelas usinas era muito defasada. Aqui nós não teremos este problema, pois as usinas são mais modernas e as que estão com previsão de construção terão maior segurança.

Observa-se nestes conflitos de ideias que há duas questões envolvidas nesta discussão - a primeira seria a possibilidade de acidentes causados por falha humana. A segunda, com relação a acidentes com causa de defasagem tecnológica ou possibilidade de catástrofe natural devido a características geográficas. Após este momento, o professor interfere colocando a seguinte questão:

Professor: “Vocês estão falando em questões de negligência, ou até falta de treinamento/formação adequada por parte de funcionários envolvidos nos processos nucleares e possíveis acidentes decorridos por desastres naturais. Mas estão esquecendo que existem órgãos reguladores, nacionais e internacionais. São eles os responsáveis desde treinamento de pessoal, inspeção de medidas de segurança e de manutenção, além de regularem os projetos de construção de usinas. O que não ocorre para outros tipos de fonte de energia.”

A respeito desta mediação, surgiram alguns discursos concordando com esta posição, conforme é evidenciado no trecho de transcrição abaixo:

Político: E em Angra I e II não houve acidentes, então estamos no caminho certo, combinando tecnologia e treinamentos para evitar as falhas e vazamentos.

Religioso: Ainda não deu acidente...

Político: Se não fosse bom, não teria uma só usina, já estão construindo a terceira e claro, já teriam cancelado os projetos de construção desde Angra I.

Engenheiro: Nós como engenheiros somos a favor por termos maior conhecimento técnico a respeito dos processos e da tecnologia envolvida. Apoiamos todo o tipo de uso de energia limpa, como a produzida por usinas nucleares. Ao nosso lado já temos grupos de ambientalistas que também apoiam a energia nuclear. Principalmente porque não há os impactos no ambiente e aumento do efeito estufa, como existe para as hidrelétricas e termoeletricas, usinas de tecnologia ultrapassada a base de combustíveis fósseis. Os riscos de acidentes são muito baixos, até agora o que tivemos de problemas no mundo foram os casos de Chernobyl e do Japão. Dois até o momento, depois de décadas de uso da energia nuclear.

Conforme já mencionado anteriormente, o grupo que representa um político destacou-se durante toda a atividade. Mesmo antes de seu posicionamento formal a respeito da energia nuclear, sempre apresentou argumentos de forma adequada. No momento de seu posicionamento, seus argumentos foram apoiados com uma apresentação projetada, fato que validava seus apontamentos e que resultou em nenhuma oposição por parte das outras equipes.

Político: nós representamos um político, e aqui temos as imagens de Angra 1, construída, como o próprio nome diz, em Angra dos Reis, Rio de Janeiro. Vemos pelas imagens que está perto do mar, águas que vão auxiliar no

processo de resfriamento dos reatores. Aqui temos imagens da usina de Angra 2 e também da construção de Angra de 3. Toda a instalação num local rico em natureza, tudo para comprovar que as usinas são muito seguras e podem operar normalmente e por muitos anos, em paraísos naturais do nosso país.

Destacamos ainda que as reservas de minérios de urânio do nosso país estão entre os 10 maiores. Há perspectiva de que as reservas atuais deem conta de 60 a 100 anos de abastecimento, já contando com as novas usinas construídas até 2035. Além disso, há os estudos de prospecção do mineiro de tório, mais abundante e que pode substituir com mais segurança os de urânio. Já foram investidos mais de vinte milhões em segurança. Todo esse investimento em construção e segurança é recompensado quando olhamos a tabela comparativa de potencial de energia gerada por tipo de usina no mundo, ano de 2012:

Vemos que outras fontes (vento, sol, etc) são responsáveis por 2,3%; térmica convencional por 66,5%; a hidrelétrica por 16,8% e a nuclear por 12,9%.

Portanto, devido ao potencial da energia nuclear e seu uso no mundo, após termos apresentado todos estes dados, somos a favor das usinas nucleares na nossa região.

O discurso do personagem político foi favorável ao uso da energia nuclear, demonstrou informações sobre o panorama energético mundial, ilustrando dados obtidos da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Destacou a importância desse meio de produção de energia, priorizando as fontes de combustível em território nacional, além de enfatizar questões relativas à sustentabilidade e segurança tecnológica.

No contexto mundial, a opção por energia termonuclear ocupa posição próxima à hidrelétrica. Na dimensão econômica, ocupa posição de custo muito próxima a de outras formas de produção de energia elétrica, como o carvão, biomassa e gás natural (ANEEL, 2008). Segundo os estudos realizados por Cesaretti (2010) apresenta custos relativamente mais altos, porém, competitivos. O cálculo de custos envolve vários fatores, entre eles o tipo de tecnologia, local de instalação da planta, fonte de geração de energia elétrica e os decorrentes de impactos sociais e ambientais. Considera-se que os acidentes nucleares já ocorridos em centrais nucleoeletricas resultam em uma elevação dos custos, pois exigem investimentos altos em segurança e manutenção.

Considerações acerca do consumo de energia elétrica e capacidade de produção a partir das term nucleares do país foram questões abordadas no próximo momento da atividade de representação de papéis. O início se deu em função de nova interferência do mediador frente aos grupos, que solicitou informações a respeito da quantidade de energia gerada pela central nuclear de Angra dos Reis. As respostas foram:

(Político) “responsável por 50 % da demanda do Rio de Janeiro”; (Engenheiro) ”eu li que será responsável por 50 % quando Angra 3 ficar pronta”; (Ecologista) “e é barata. É caro no início, se comparar a todos os investimentos das usinas a carvão, óleo e gás, mas depois recompensa. E como já se falou, não aumenta o efeito estufa no planeta”; (Dona de casa) “mas eu li hoje de manhã que a Alemanha está deixando de usar a energia nuclear”; (Engenheiro) “mesmo gastando investimentos de vinte milhões em segurança, pela movimentação de dinheiro no país é pouco, tem nossa carga tributária que é altíssima, paga isso”.

Percebe-se pela discussão que a maior parte das equipes, até o momento, está a favor da energia nuclear, visto que somente o grupo que representa a dona de casa manifestou posição contrária ao questionamento feito pelo moderador. Cabe informar que os dados expostos pelo político foram obtidos a partir do documento Panorama da Energia Nuclear no Mundo, acessado na página da ANEEL e Eletronuclear que a refutação da dona de casa tem seu argumento justificado pela notícia acessada no portal de notícias Terra.

As discussões seguem agora a partir do posicionamento do grupo que representa um religioso, o qual se valeu dos seguintes argumentos:

Religioso: somos contra a qualquer coisa que tire a vida de qualquer ser vivo [...] Pra quê gastar tanto dinheiro com usina nuclear, vamos amar o próximo, e assim gastar menos luz! Menos água, economizar os recursos da natureza! E a nossa economia pode ser doada para a Igreja! (risos)... Lemos depoimentos de um bispo, sobre um familiar dele, que morreu em decorrência de câncer, que provavelmente teve sua origem com a desgraça de Hiroshima. A pesquisa sobre a energia nuclear nunca devia de ter começado, pois resultou no seu uso para as usinas, mas não somente para isso, o homem a usou para fins bélicos e assim matou um número muito grande de pessoas inocentes, além de muitas que tiveram suas vidas e saúde gravemente afetadas.

Observa-se que o grupo quis manter uma postura um tanto cômica, quando abordou uma conduta próxima ao fundamentalismo. É interessante verificar que alguns grupos seguiram este comportamento, mostrando que a atividade desenvolveu satisfatoriamente o lado lúdico do exercício.

Um jogo é classificado como educativo quando mantém a sintonia entre as funções lúdica e educativa. Entretanto, ao se considerar que o jogo tem como um de seus principais atributos a liberdade, deve ser mantida a compatibilidade com o processo educativo para que não resulte em desequilíbrio. Muitos pesquisadores da área de jogos e educação denominam esse equilíbrio como paradoxo do jogo educativo, que seria o equilíbrio entre o lúdico e o educativo (Soares, 2004 e Kishimoto, 2012).

A discussão transcrita demonstra que ambas as funções, lúdica e educativa do exercício permaneceram sintonizadas, já que os grupos argumentaram seus posicionamentos com relação ao tema discutido. Assim, o depoimento do personagem religioso fomentou algumas manifestações contrárias:

Político: Vocês querem o retrocesso! A culpa não é da tecnologia, precisamos dela para evoluir.

Engenheiro: A culpa é de certas pessoas que detém poder e usam para a guerra, para a destruição.

Religioso: Somos minoria e não podemos contra tanta gente que só quer o mal dos outros e benefícios pra si mesmos.

Engenheiro: Como assim minoria? Somos um povo religioso, todos tem a sua religião, há diversidade de crenças, mas pelo o que eu sei, todas as religiões pregam o bem, então como é que o bem que vocês falam não prevaleceu?

Médico: Tem religiões, eu vi numa página na internet, pedindo fundos para usar armas nucleares em guerra, conflitos! A religião também tem culpa, é só lembrar dos conflitos do Oriente!

Após, a discussão prosseguiu com o posicionamento do último grupo, que representou um profissional da área da medicina:

Médico: bom, nós representamos um médico e partindo de que a energia nuclear é importantíssima para vários diagnósticos e tratamentos, somos totalmente favoráveis ao uso dela para produção de energia elétrica. Usamos os chamados traçadores para os diagnósticos. Podemos citar como um exemplo, em hospitais onde há tratamento para câncer de tireoide, há

apartamentos para isolamento do paciente até que este elimine o isótopo radioativo do iodo e possa ir em segurança para sua casa. Não temos como nos posicionarmos contra uma tecnologia que só traz benefícios ao homem.

Os argumentos favoráveis à utilização da energia das reações nucleares em prol do abastecimento energético e do bem estar das pessoas foi contra-atacado duas vezes, uma pelo personagem religioso e outra pelo personagem político, respectivamente:

Religioso: “Eu acho que eles representam médicos que nunca trataram de vítimas do mau uso de energia nuclear”.

Médico: “Tem dois lados, houve vítimas do mau uso da energia nuclear com o uso de bombas e etc., mas também tem todo o benefício em muitas áreas e principalmente o fornecimento de energia elétrica”.

No caso do grupo que representou o personagem médico, espera-se um comportamento afirmativo perante temas e tecnologias relacionadas à radioatividade, visto que pertence a um público que, devido a sua formação profissional, teve maior acesso e compreensão das informações técnico-científicas. Embora os grupos envolvidos nessa última discussão não tenham colocado argumentos sobre o acidente radiológico no estado de Goiânia, a representação do personagem pelo grupo foi alinhada com esse comportamento.

Neste contexto, é interessante mencionar uma pesquisa realizada em 2010 pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, na qual constam resultados sobre a percepção pública da ciência e tecnologia por brasileiros, a partir de dezesseis anos. O estudo levou em conta o interesse, grau de informação, atitudes, visões e conhecimentos que o público em geral tem de ciência e tecnologia, estando inserido o tema utilização das radiações. Os resultados demonstraram que tanto o grau de informação quanto o de interesse são muito baixos, principalmente justificados por falta de tempo ou desconhecimento dos temas. Em relação aos profissionais considerados mais confiáveis, quando se trata do assunto para os brasileiros, são os médicos e jornalistas (Moreira, 2010).

O encerramento da atividade de representação de papéis encerrou-se com o processo de votação. Dessa forma, somente os grupos do religioso e da dona de casa mantiveram posicionamento contrário, finalizando a contagem em dois votos contra

quatro. Assim, ficou determinado que o grande grupo é favorável ao uso das reações nucleares como fonte de produção de energia elétrica.

4.8.1.3. Grupo de estudo número três

Para este caso, a representação de papéis se constituiu de cinco grupos que representaram um agricultor, um ecologista, um engenheiro nuclear, um aposentado e um profissional liberal. A atividade está relatada através das transcrições das falas, em ordem cronológica. Todas as equipes trouxeram seus depoimentos por escrito e referências consultadas. Em algumas ocasiões, os utilizaram como consulta, para melhor se expressarem. Além disso, alguns grupos trouxeram cartazes e construíram diálogos entre personagens para auxiliar na defesa de seus pontos de vista.

O fórum aberto começa com o posicionamento favorável de um agricultor, que a partir dos seus conhecimentos sobre a irradiação de alimentos, defende o uso da energia advinda das reações nucleares para aplicação em diversas áreas:

Agricultor: Na posição de agricultores somos, primeiramente, a favor da radioatividade, porque ela representa variadas aplicações úteis ao nosso trabalho e produto. Como exemplo, podemos falar da irradiação para conservação de alimentos, que tem as vantagens de maior duração do alimento, retardando processos de amadurecimento e envelhecimento, deixando em boas condições para transporte e venda, além de não causar problemas para a saúde dos consumidores. A radioatividade é útil para acompanhar crescimento de raízes e folhas. E também no combate a insetos e destruição de parasitas. Um bom exemplo é a irradiação da batata que passa a durar quase um ano, também o peixe, mas ele se conserva por nove meses, então, isso é bom para a exportação. Então, alimentos estocados quando irradiados duram mais tempo, sem prejuízos para a saúde das pessoas.

A irradiação de alimentos é uma tecnologia eficiente que consiste na exposição de alimentos à radiação ionizante. Os alimentos podem estar já embalados ou a granel, sendo submetidos a uma quantidade controlada, por tempo determinado de radiação ionizante e com o objetivo de aumento de vida útil. A irradiação, quando bem conduzida, não altera propriedades funcionais ou atributos sensoriais. O processo já é

autorizado no Brasil pelo Ministério da Agricultura desde 2011 (Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA). A legislação brasileira se orienta pelas recomendações internacionais propostas pela IEA - International Atomic Energy Agency.

Ainda não são encontrados no comércio nacional alimentos irradiados, como frutas ou carnes. O que existe são condimentos ou temperos que fazem parte da composição de alimentos industrializados, como em alguns salgadinhos (Perozzi, 2007). Porém, o discurso realizado pelo grupo é essencial sob o ponto de vista do conhecimento da tecnologia de irradiação de alimentos. Surge como uma importante mudança na percepção das pessoas no que tange a aspectos modernos de saúde, visto que a maioria das pessoas não tem informações acerca dos benefícios do processamento de alimentos via irradiação.

O estudo realizado por Ornellas e colaboradores (2006) afirma que o alto custo envolvido no processo de irradiação e a aceitação pelo consumidor são barreiras que ainda persistem e impedem que os alimentos irradiados alcancem ampla comercialização. Interpretações errôneas dos consumidores e o receio por parte dos empresários do ramo, normalmente por falta de conhecimento, tem limitado o uso desse tipo de processamento de alimentos. Dessa forma, a aceitação por parte dos consumidores tem como ponto crucial a informação. Vários estudos apontam que o consumidor, quando bem informado, possibilita maior aceitação dos alimentos irradiados, sendo a disponibilização de informação essencial para a abertura do mercado (Ornellas et al. 2006; Behrens et al. 2009; Oliveira e Sobato 2004).

Dando prosseguimento aos argumentos do grupo, surgem em defesa do uso das tecnologias nucleares as aplicações na medicina e aspectos relativos à sustentabilidade:

Mais benefícios do uso da radioatividade: Na área da saúde, desinfecta materiais médicos, e é usada em tratamentos como radioterapia e quimioterapia. Servem para diagnósticos de doenças, como a tireoide. Ainda tem a datação radiométrica. A construção de usinas nucleares possui vantagens, pois necessita de área menor quando comparada a usinas hidrelétricas. Não libera gases para aumento do efeito estufa e tem grande quantidade de combustível. O lixo nuclear é material residual que apresenta radioatividade, de alta periculosidade, mas no caso de produção de energia,

se aproveita 15% daquele material, então pode ser reaproveitado para a própria produção de energia.

Após todos os argumentos feitos pelo grupo que representa o agricultor, o professor abre espaço para os outros se posicionarem em defesa ou contra ao que foi dito pelos colegas. O grupo do religioso ficou instigado quanto a possíveis vazamentos com o uso da irradiação dos alimentos. Além disso, houve perguntas com relação ao procedimento. O personagem agricultor correspondeu falando:

Quase não há como ocorrer vazamentos com a irradiação. Tudo o que é controlado, seja irradiação ou algum produto químico, não gera problemas. A gente sofre radiação de varias fontes, não só de alimentos irradiados, e essa radiação, que é mínima, sai do corpo [...] O equipamento que se usa é controlado, as doses de radiação nos alimentos são bem baixas. Então, tem o equipamento, o alimento é colocado nele, e lá tem uma fonte de cobalto sessenta que emite a radiação.

O próximo grupo a incluir seu posicionamento foi o que representava um ecologista, que realizou sua defesa utilizando uma apresentação projetada para a turma. Seus argumentos sustentaram posição contrária à presença de centrais eletronucleares:

Ecologista: Pessoal, a gente queria conversar um pouco com vocês sobre o que é uma usina termonuclear. Em geral, uma usina é instalação empregada para produção de energia elétrica, trazendo benefícios e malefícios. Centrais de produção termoeletrica funcionam através de uso da energia de reações nucleares, que liberam muito calor. Esse calor é usado para aquecer água e o vapor formado por esta água quente faz girar uma turbina, que então gera energia elétrica.

Caso nunca ocorra algum problema de segurança no funcionamento da usina, temos o problema do lixo nuclear. Porém, tem as vantagens de não contribuir para o efeito estufa, sendo considerada uma ajuda para a diminuição da dependência de combustíveis fósseis.

As tecnologias que se baseiam na radioatividade têm muitas aplicações. Sabemos dos benefícios na área da saúde e da medicina. Mas tudo isso deve ser muito controlado, pois também sabemos dos danos celulares que as radiações podem causar.

Enfim, apesar dos benéficos trazidos pela tecnologia nuclear em diversas áreas, somos contra a instalação de novas usinas e ampliação das que existem, devido ao problema do lixo radioativo e da possibilidade de

acidentes nucleares. São usinas caras e assim, apoiamos a construção de usinas baseadas em produção que não apresentem riscos às pessoas.

Conforme o exposto, o personagem ecologista aderiu a uma postura contrária à produção de energia elétrica a partir da fissão nuclear, e defende o uso das fontes de energia renováveis. Estas declarações são refutadas pelo grupo que representa o agricultor:

Eu peguei uma entrevista do Patrick More para a revista Época, de 2008. Ele foi um dos fundadores do Greenpeace. Esse ambientalista abandonou o grupo em 1986 e nessa entrevista perguntaram para ele porque a mudança de opinião com relação à construção de usinas nucleares. Patrick respondeu: “nós achávamos (no tempo em que era ativista no Greenpeace) que tudo o que era nuclear era ruim. Achávamos que a energia nuclear estava inevitavelmente ligada às armas atômicas, mas é só repararmos que os reatores nucleares que produzem energia não são feitos para matarem pessoas. Na verdade, reatores são usados até na medicina para produzir medicamentos que tratam milhões de pessoas. Muitas tecnologias podem ser usadas para o bem ou para o mal. Você pode voar em um avião para promover uma missão de paz ou para destruir uma cidade com uma bomba. Então, quanto às ideias do ecologista, acho que não temos mais nada a acrescentar no momento.

O contra-argumento do personagem agricultor expôs um perfil que está tornando-se frequente entre os ambientalistas: uma mudança de direção das perspectivas quanto às fontes de energia. Mesmo frente ao problema de aquecimento global, a postura convencional da maior parte dos ambientalistas é dizer não a única e atual fonte primária de energia com baixa emissão de carbono, a nuclear.

Nessa direção, é importante destacar a presença das ideias de renomados ambientalistas. São exemplos o próprio Moore, citado pelo grupo do agricultor, Lovelock e Monbiot. Eles se posicionam como defensores de fontes de energia renováveis e substitutas do combustível fóssil, porém, entre elas a nuclear, que já está desenvolvida e pronta para expansão. Além disso, seus discursos são contra as interpretações errôneas e gratuitas dos riscos e o incentivo ao medo visceral da radiação de usinas nucleares. Consideram de extrema importância o apoio a uma luta contra uma ameaça mais real, a das mudanças climáticas no planeta.

O mediador do fórum solicita ao grande grupo opiniões em seus discursos sobre os contraditórios pontos de vista que têm sido verificados para os ambientalistas, sendo eles: o do ambientalista tradicional, que defende a natureza e o ambiente acima de tudo e portanto se coloca radicalmente contra a energia nuclear; e aquele que é favor do uso de tecnologias que trazem desenvolvimento para a sociedade, entre elas, o uso da energia nuclear como forma de produção de energia elétrica que não contribui com emissões de carbono e aumento da temperatura do planeta. Assim, para dar continuidade às discussões, o mediador abre intervalo para outros grupos se posicionarem. O momento subsequente é composto pela exposição do ponto de vista do grupo que representa um engenheiro:

Engenheiro: Bom, nós somos um grupo de engenheiros, pós-graduados, e estamos fazendo manutenção na usina para operação com segurança e assim trazer inúmeros benefícios para a cidade. Com energia suficiente haverá desenvolvimento da região e geração de vagas de emprego.

Pesquisando junto à população, percebemos que há uma preocupação com os custos, consideram que a energia nuclear é muito cara. Isso é verdade, mas o retorno desses investimentos vem alguns anos depois do funcionamento da usina, resultando em maiores lucros e benefícios do que uma usina hidrelétrica ou uma à carvão. Reunidos com as autoridades, decidimos que com as implementações para a segurança total, ninguém vai lidar ou temer os perigos da radiação. Enfim, os temores quanto aos riscos de acidentes, estamos trabalhando para manter a usina funcionando com segurança para funcionários e cidadãos da região.

Como os ecologistas estão sempre divulgando, o problema das usinas são somente os acidentes, que historicamente foram poucos, mas do contrário, com supervisão e manutenção adequadas, que é o nosso serviço, a energia nuclear é a melhor opção.

Conforme o exposto, o grupo do engenheiro julga a energia nuclear como uma fonte segura quando compara os números relativamente pequenos de acidentes. Como justificativa adicional, ressalta que investimentos em manutenção e em segurança são essenciais e devem ser implementados. Ao mencionar os custos relativos deste tipo de usina, fica subentendido uma comparação desta com aquelas movidas à energia do carvão ou das águas. Sob o ponto de vista do grupo, isto ratifica a validade de

investimentos quando se leva em conta que os impactos ambientais serão minimizados com o uso da energia advinda das reações nucleares.

O próximo grupo a manifestar seu ponto de vista foi que representou um aposentado. Para isto, a equipe elaborou um diálogo entre dois aposentados:

Aposentado 1: tu ficou sabendo que o prefeito quer instalar uma usina nuclear em nossa cidade?

Aposentado 2: O quê? Tipo aquela que passou no noticiário? Que o reator explodia e a cidade tinha que ser evacuada?

Aposentado 1: Sim.

Aposentado 2: E a contaminação atingiu toda a região, contaminando solos e animais e prejudicando a saúde das pessoas?

Aposentado 1: Concordo contigo, um simples vazamento pode colocar em risco nossas vidas. A radioatividade não é de todo ruim, porém quando há acidentes, como os já vistos em Fukushima, causam tragédias. Mesmo que seja uma energia limpa, corremos risco com seu uso, por não ser totalmente segura. As consequências são graves e duradouras. Precisamos fazer pressão para que os governos invistam em energias limpas e seguras, eu como aposentada, eu tenho informações um pouco limitadas, mas mesmo assim, digo não às usinas nucleares.

Aposentado 2: um exemplo também, que a usina nuclear não é bem aceita depois do acidente em Chernobyl e tem se ouvido que o Japão está estudando reduzir ou abandonar o uso de energia nuclear onde há reatores muito velhos. As cidades próximas a Fukushima estão num estado de abandono devido à contaminação radioativa. Imagina como estarão os funcionários desta usina? E sua saúde? Eu me mantenho contra as usinas nucleares, sei que a radioatividade traz benefícios, mas seu uso para produzir energia elétrica não tem segurança.

Cabe ressaltar que a equipe iniciou seus argumentos fazendo a ressalva de que um aposentado não tem o costume de acessar notícias na internet e, por isso, se posiciona de forma contrária à energia termonuclear, visto que costuma se atualizar lendo jornais e assistindo televisão. Ao que parece, o grupo interpretou que estes meios de comunicação direcionam a opinião pública, priorizando os aspectos negativos em detrimento dos positivos e aumentando o repúdio frente às tecnologias nucleares.

Aparentemente, os alunos consideraram que as informações advindas da internet teriam maior confiabilidade, já que proporcionam maior amplitude de informações, quando comparadas à televisão ou jornal impresso. De certa forma, também é possível observar no comportamento do grupo que há de se levar em conta os vários posicionamentos e opiniões encontrados nos mais diversos meios de comunicação.

Contudo, houve uma participação do professor, visando esclarecer que a internet, por ser uma fonte valiosa e ilimitada de informações, também disponibiliza muitos conteúdos equivocados ou tomados por parcialidade. Considera-se interessante o trabalho publicado por Bittencourt (2005), visto que ilustra um exemplo no qual se encontram informações pertinentes do acidente radiológico ocorrido em meados da década de 1980 em Goiânia. O autor faz um relato dos eventos relativos ao acidente, buscando uma compreensão a partir de relatos das vítimas, mais precisamente com a segunda geração após o desastre. Apresenta detalhes sobre diversos aspectos, dentre eles o desencontro de informações publicadas na imprensa. Dessa forma, retomou-se alguns exemplos que foram discutidas em aulas anteriores, sendo que o professor utilizou o acidente de Goiânia em um comentário:

Professor: [...] vou dar um exemplo: Basta fazermos uma busca pelo acidente radiológico ocorrido em Goiânia. Eu considero que o exagero começa numa classificação deste acidente, muito lida na web: o maior acidente radiológico da história. A gente espera a morte de centenas, sei lá, milhares de pessoas. No entanto, quatro pessoas morreram. E gente, que fique claro aqui que não estou menosprezando a morte de quatro pessoas, só estou tentando mostrar um exagero na transmissão de informações. Ainda: a gente encontra erros desde a descrição equivocada do tipo de equipamento que continha césio 137. Tem fontes que dizem que era um aparelho de radiografia, quando, na verdade, era de radioterapia.

Prosseguindo com o trabalho, o último personagem é convidado a manifestar suas opiniões com relação ao tema da atividade. O grupo que representa o personagem profissional liberal se posiciona favoravelmente às usinas termoeletricas, e como visto a seguir, usa como argumentos todas as vantagens tecnológicas deste meio de produção de energia elétrica, além de compará-la às fontes de energia dos ventos e do sol:

Profissional liberal: Estamos representando um profissional liberal e preferimos começar falando sobre alguns usos da radioatividade. Nossa posição é favorável e o argumento mais importante que a gente tem é que a energia nuclear não contribui para o efeito estufa. Além disso, não contribui para poluição do ar como particulados, poluentes de enxofre e nitrogênio. Ao se comparar com uma usina hidrelétrica, por exemplo, não utiliza grandes áreas ou terrenos. Uma central nuclear requer menos espaço para sua construção, e um dado muito importante é que não gera grandes impactos no ambiente e nas populações locais.

É independente de condições climáticas, pois não depende dos ventos, como a fonte de energia eólica, ou de incidência solar, como necessitam os painéis solares. Uma central termonuclear tem tecnologia de processos bastante conhecida, que gera muita quantidade de energia. Em usinas mais modernas pode se reaproveitar resíduos radioativos e o transporte do combustível é muito mais seguro quando comparado ao gás ou ao óleo. Ao se comparar com a tecnologia existente nas usinas solares, não precisa de baterias para armazenar energia, por exemplo.

Após o posicionamento deste último personagem, o grupo que representa o ecologista demonstra atitude extremamente contrária. A continuidade desse fórum aberto é composta por extenso momento de discussões. Há o retorno da polêmica dos acidentes nucleares e questões relativas a geração de quantidade de energia e custos.

Ecologista: vocês apoiam porque não fazem parte da classe da população que se preocupa com o ambiente e não precisam se preocupar com uma conta de luz cara.

Agricultor: mas tá, e se a gente deixar de lado o resto do mundo e olhar só pra cá, quando que teve acidente em usina nuclear aqui?

Aposentado: mas vocês estão esquecendo de uma coisa, olha o que aconteceu com o pessoal que morava ou trabalhava perto da de Fukushima.

Agricultor: se vocês acham que aqui a energia é mais barata, é porque no Brasil dá certo a usina hidrelétrica, porque temos muitos rios. No caso do Japão, pra suprir tudo que precisam de energia elétrica, não tem rios suficientes.

Ecologista: os acidentes numa usina nuclear não dependem somente de desastres naturais. Além disso, tem a eólica e solar para produzir energia, poderiam substituir.

Percebe-se que o personagem ecologista não abre mão de seu ponto de vista, apesar de sua participação não apresentar outras justificativas além de um medo visceral quanto a possíveis acidentes. Ao lado dele, de mesma opinião, há o grupo do aposentado, que somente estimula o receio à energia nuclear.

Por outro lado, o personagem agricultor teve uma atitude mais efetiva, quando se utilizou de outros recursos, como a exposição de argumentos relativos à demanda energética e custos envolvidos. Sua atitude favorável à energia nuclear é mantida e assim refuta o grupo do ecologista:

Agricultor: então tu acha que estas iriam suprir toda a demanda daquele país populoso? Não dá.

Ecologista: mas tem as outras usinas, como já falamos, que não poluem.

Com essa fala, o personagem do ecologista encerra seu discurso com uma atitude voltada ao receio de desastres e imposição de outras formas de energia em substituição à nuclear, sem maiores justificativas. Dessa forma, não alcançou consenso com os demais participantes.

A fim de fundamentar o discurso favorável ao uso da energia nuclear, o personagem engenheiro manifesta seu contra-argumento. Como pode ser visto, ele tenta finalizar a polêmica explorando o tema debatido da seguinte maneira:

Engenheiro: já que são ecologistas, vocês não deveriam apoiar a nuclear? Ela não produz resíduos que afetam o aquecimento do planeta [...] na nossa pesquisa vimos que os malefícios são poucos. O único problema seria quanto aos riscos de acidentes nucleares, que não acontecem só com as usinas que produzem energia elétrica. Podem acontecer em qualquer área onde se usa a energia nuclear, como hospitais e clínicas, que vocês defendem o uso. Então, vocês ecologistas, preferem correr o risco de aumentar as emissões de carbono, preferem hidrelétricas que devastam a biodiversidade, a correr riscos de acidentes nucleares, que são pouquíssimos? Além disso, temos que falar das que já estão em funcionamento, que são as nucleares, termelétricas e hidrelétricas, não as que poderiam ser construídas.

Nova intervenção do mediador foi realizada com o objetivo de levar o grupo estudado a uma conclusão do tema discutido na atividade. Como não houve consenso entre as posições, foi realizado o processo de votação. O resultado alcançado foi dois votos desfavoráveis, vindos dos grupos que representaram os personagens ecologista e

aposentado. Favoravelmente ao uso da energia nuclear, houve três grupos, dentre eles os que representaram os personagens do agricultor, engenheiro e profissional liberal. Ficou decidido, portanto, que o grupo de estudo número três apoia o uso da energia termonuclear.

4.8.1.4 Algumas considerações acerca das atividades dos grupos de estudo

Em relação à utilização, por parte dos alunos, das orientações para a construção das falas de seus personagens, pode-se dizer que foi majoritariamente respeitada. Houve uma exceção quanto às questões três e quatro das orientações propostas para a atividade, as quais solicitavam: “que outros indivíduos, grupos ou organizações você considera que concordam com sua posição?”; e “que outros indivíduos, grupos ou organizações você acredita que discordam de sua posição?”. Essas orientações tratavam de um comparativo entre seus posicionamentos frente à produção de energia elétrica empregando energia nuclear, sendo que somente o grupo de estudo número um acatou melhor esta ideia. As demais questões foram observadas no decorrer das participações da atividade de representação de papéis. Contudo, acredita-se que não houve maior prejuízo na construção dos diálogos, a não ser que poderiam conter detalhes e justificativas um pouco mais elaboradas.

Para a maior parte das equipes analisadas, foi verificado que nem sempre utilizaram como suporte a ferramenta Cidade do Átomo para consulta de dados e informações essenciais à construção das falas de seus personagens. Embora tenham tido orientação para o uso desta ferramenta, as equipes optaram, frequentemente, por pesquisar suas referências na internet. Por outro lado, sabe-se que os alunos já têm por hábito este tipo de pesquisa, e que tal comportamento não afetou de maneira negativa o desenvolvimento dos trabalhos, já que buscaram orientações com o professor sobre as referências utilizadas.

Algumas considerações podem ser feitas com relação ao comportamento ambiental dos sujeitos investigados. Muito foi discutido acerca dos riscos e danos às pessoas e ao ambiente quanto ao uso da energia nuclear. Falhas humanas e desconfiança

quanto a segurança na operação de usinas termoeletricas foram frequentemente citados. Desvantagens de outras fontes de energia, como a termoeletrica, foram julgadas e condenadas. Junto a isso, também muito se discutiu a real extensão desses riscos, e o quanto as pessoas estariam dispostas a corré-los em nome do desenvolvimento e bem estar social. Um posicionamento bastante verificado foi um comportamento preocupado com o ambiente e com as pessoas envolvidas.

Essas atitudes e comportamentos podem ser relacionados a um efeito bastante estudado pela psicologia ambiental, denominado NIMBY (Not In My Back Yard, não em meu jardim). Segundo Pol (2003) o NIMBY é um fenômeno ligado à percepção humana, ao comportamento do público em geral, de rejeição ou resistência a determinados usos das tecnologias e serviços necessários. O autor cita o exemplo dos rejeitos industriais e do lixo doméstico, onde “todos reconhecem a necessidade do serviço, porém ninguém está disposto a ter as instalações necessárias perto de sua casa.” Evidenciando um aparente conflito de interesses - uma preocupação das pessoas frente a um desejo de um ambiente sustentável, mas que também satisfaça suas necessidades.

O formato de fórum aberto escolhido para a realização da atividade de representação de papéis mostrou-se adequado. No decorrer da atividade, nem sempre foi possível manter o tempo determinado de fala para cada equipe participante, devido a intensas discussões e variados pontos de vista. Para algumas equipes o motivo foi o preparo insuficiente de seus discursos. Entretanto, o professor conseguiu conduzir a atividade de forma que todas as equipes pudessem participar adequadamente.

O encerramento da atividade via procedimento de votação, com decisão por maioria simples foi sempre necessária. Na medida em que todas as equipes não conseguiram chegar em um acordo final sobre a resolução do problema debatido.

Dentre as ações praticadas pelo professor, acima elencadas, cita-se um posicionamento em favor do espaço de expressão dos estudantes. As intervenções se realizaram quando houve necessidade de organizar e problematizar eventos e visões ocorridos, objetivando a integração de todos os grupos. Além disso, eventualmente, realizou-se mediação no uso de referências e suporte para a construção dos personagens,

bem como o uso de textos para subsidiar as análises descritas durante o texto sobre a atuação dos estudantes.

Na medida em que os alunos optaram em utilizar outras fontes de consulta para a atividade de representação de papéis, em detrimento dos assuntos abordados com o software educativo Cidade do Átomo, objetivou-se uma posição facilitadora, o que resultou em ressignificação dos recursos empregados durante a pesquisa da prática desenvolvida. Nesse contexto, destaca-se também as intervenções para melhor esclarecer algumas opiniões superficiais, equivocados ou parciais com relação aos assuntos nucleares, com vistas a contribuir para um espaço de reflexões e uma postura crítica frente às informações discutidas.

A atividade de representação de papéis teve por objetivo uma discussão acerca da produção de energia elétrica a partir da energia advinda de reações nucleares. Este exercício, realizado após a utilização do material didático informatizado Cidade do Átomo, possibilitou aos sujeitos da pesquisa a exposição de seus pontos de vista. Observou-se que muitos participantes não abriram mão de suas ideias. Dessa forma, foi possível perceber que há nesse contexto, situações nas quais é difícil de se chegar a um consenso, a fim de decidir qual a melhor alternativa para a solução dos problemas propostos pela temática apresentada na ferramenta.

5. CONCLUSÕES

No presente capítulo, retoma-se alguns argumentos que constituíram os procedimentos da pesquisa realizada, visando destacar convicções de que um processo de ensino e construção de saberes, permeados pelas interações entre os sujeitos e o uso de tecnologias, supera a mera transmissão de conhecimento. Nesse sentido, a referida pesquisa apresenta uma análise e interpretação sobre os processos envolvidos na elaboração e desenvolvimento de uma prática pedagógica, cujo objetivo era permitir a construção de conhecimentos de forma mais articulada e conectada com situações reais do cotidiano.

Os instrumentos de coleta de informações utilizados durante a pesquisa foram gravações de áudio e vídeo da prática pedagógica, arquivos de log (gravação em arquivos dos históricos de interação dos sujeitos com os ambientes da ferramenta computacional), anotações em diários de aula, produções textuais confeccionadas pelos sujeitos da investigação (relatório LIUN e bloco de notas). O cruzamento de todo esse conjunto de informações possibilitaram descobertas, interpretações e a elaboração de argumentos sobre a pesquisa realizada.

A estratégia pedagógica empregada levou em conta o potencial oferecido pelas TICs, principalmente o do software educativo Cidade do Átomo, o planejamento da situação de ensino e as necessidades de promover formas mais eficientes de ensinar e aprender. Para tanto, perspectivas construtivistas foram importantes no apoio à discussão dos elementos coletados durante o desenvolvimento da pesquisa. Dessa forma, a utilização da ferramenta computacional, que serviu de principal tarefa aos sujeitos pesquisados, promoveu aprendizagens construídas pela mediação entre os pares, a qual potencializou o processo de solução do problema proposto. Foi interessante observar a interação entre os estudantes, na linha de Vigotski (2007) a “mediação discursiva com o outro”, pois proporcionou um ambiente em que todos questionavam, refletiam e pesquisavam durante a realização da tarefa.

Foi possível evidenciar na participação dos estudantes por meio de questionamentos, diálogos e relações estabelecidas com os recursos tecnológicos

utilizados a formação de um ambiente de interação proveitoso. Esta constatação evidencia a potencialidade do espaço educativo formado, que resultou em reforço do processo ensino-aprendizagem.

A presente pesquisa possibilitou constatar que os conhecimentos e posicionamentos iniciais dos estudantes sobre os assuntos acerca da radioatividade, produção de energia elétrica a partir da energia nuclear e impactos ambientais associados eram superficiais ou inconsistentes. Entretanto, com o desenvolver das atividades, foi percebido um avanço em alguns aspectos relacionados à temática apresentada. A navegação nos ambientes e a leitura das informações textuais da ferramenta computacional Cidade do Átomo, assim como o acesso às informações da internet, foram importantes materiais de apoio e fonte de informações acerca dos assuntos abordados. Considera-se, portanto, a construção de um espaço de aprendizagem que possibilitou uma posição mais crítica frente às informações disponibilizadas sobre as aplicações da energia nuclear e radioatividade.

Entretanto, no decorrer da investigação se verificou várias dificuldades, dentre as quais estão os casos representativos de condutas incoerentes e confusas na solução do problema proposto nos ambientes do software educativo Cidade do Átomo. Além disso, foram percebidas dificuldades de leitura, interpretação e certa resistência frente a diferentes práticas pedagógicas. Foi observada a necessidade de orientar ações, direcionar leituras e, assim, estimular e instigar os estudantes à finalização de suas tarefas. Aparentemente, o volume de informações textuais presente em alguns ambientes do software, tornou a tarefa menos atrativa aos estudantes. Considera-se, portanto, que a mediação do professor durante a navegação nos ambientes do programa e utilização dos demais recursos foi extremamente importante para a continuidade do trabalho.

A elaboração dos relatórios (LIUN) resume a capacidade do aluno de analisar o conjunto de dados obtidos com as análises feitas nos ambientes de Cidade do Átomo e de elaborar conclusão a respeito da situação da usina e possível projeto de ampliação. De certa forma, isto envolveu a produção de um texto com o posicionamento do estudante em relação ao uso da energia nuclear. Como um resultado numérico, obteve-

se apenas 19 laudos elaborados de modo satisfatório. Em outras palavras, do universo dos 137 estudantes pesquisados, aproximadamente 40 apresentaram respostas coerentes com a análise de dados realizada.

Por outro lado, percebe-se que são outros valores a serem considerados, visto que muitos outros laudos apresentavam valores corretos, indicando a normalidade da usina nuclear. No entanto, os estudantes concluíam que a usina não estava operando dentro da normalidade. A leitura das produções textuais, bem como outros episódios descritos nessa pesquisa, leva a crer numa permanência de percepção negativa quanto aos temas nucleares. Pode-se inferir que tal evidência elevou a relevância da atividade de representação de papéis.

Para a atividade de representação de papéis, verificou-se que para a consulta de dados e informações essenciais à construção das falas de seus personagens, a ferramenta Cidade do Átomo nem sempre foi utilizada pelos estudantes. Embora tenham tido orientação para o uso desta ferramenta, as equipes optaram, frequentemente, por obter suas referências em outras fontes, principalmente a internet. Por outro lado, sabe-se que os alunos já têm por hábito este tipo de pesquisa, e que tal comportamento não afetou de maneira negativa o desenvolvimento dos trabalhos, visto que buscaram orientações com o professor sobre as referências utilizadas.

Na medida em que se verificou o empenho da maioria dos estudantes em produzir seus argumentos e defendê-los durante os fóruns promovidos, houve também a presença do lúdico nos momentos de piadas e fidelidade na representação dos seus personagens. Dessa forma, observou-se o equilíbrio entre o lúdico e a finalidade educacional da ferramenta pedagógica. Nesse sentido, afirma-se que a atividade atingiu seu objetivo fundamental: promover a qualificação das opiniões dos estudantes sobre a temática nuclear. Foi proporcionado aos sujeitos pesquisados perceber que algumas questões relativas à ciência, tecnologia e ambiente muitas vezes não possuem somente uma solução, e que para certas situações, não há opiniões somente certas, ou erradas, mas sim diferentes pontos de vista que devem ser analisados e discutidos com ponderação.

Apesar das dificuldades encontradas no caminho da presente investigação, foi possível favorecer o uso da informática educativa em contexto escolar de nível médio. Entende-se que a aplicação de estratégias de ensino e aprendizagem baseadas nas TICs e softwares educativos são um diferencial, e assim, inovam as práticas educativas.

Por fim, pode-se ressaltar o diferencial da prática pedagógica realizada no âmbito da sala de aula do professor pesquisador, ao favorecer a abordagem escolar dos temas nucleares e uso das TICs. Radioatividade e produção de energia a partir da nuclear são assuntos relevantes por conta de suas presenças no cotidiano, a polêmica em torno dos riscos de operação e aos impactos ambientais associados. Nesse contexto, tem-se a necessidade de se ampliar as metodologias baseadas na química nuclear/radioatividade no ensino médio, já que não são frequentemente presentes nos conteúdos curriculares de ensino de química, apesar das orientações expressas pelo MEC para o ensino de ciências da natureza e suas tecnologias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) AMADOR, D.H.T.; LIMA, A.R.S.; NABIÇA, M.G.; SILVA, S.O.; OLIVEIRA, S.M.; SILVA, J.R.; SOUZA, J.R.T.; A aplicabilidade do software EQUIL 2.0 como ferramenta tecnológica pedagógica no ensino do equilíbrio químico em uma escola da Amazônia. In: *12º Simpósio Brasileiro de Educação Química, Fortaleza, 2014*. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/simpequi/2014/trabalhos/90/4000-18265.html>>. Acesso em: out. 2014.
- 2) ANJOS, R.M.; *American Journal of Physics* **2001**, *69*, 377-381.
- 3) BEHRENS, J.H.; BARCELLOS, M.N.; FREWER, L.J.; NUNES, T.P.; LANDGRAF, M.; *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **2009**, *10*, 383-389.
- 4) BENITE, A.M.C.; BENITE, C.R.M.; *Revistas Eletrônicas da Faculdade de Educação UFMG*, **2008**, *10*, 303-319. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/153/213>>. Acesso em: fev. 2014.
- 5) BITTENCOURT, A.M.; Césio 137: relatos da segunda geração do maior acidente radiológico da história. In: *I Simpósio Lutas Sociais na América Latina, Londrina, 2005*. Disponível em: <<http://www.uel.br/grupo-pesquisa/gepal/primeirosimposio/completos/alexandrebittencourt.pdf>>. Acesso em: set. 2014.
- 6) BLATNER, A.; *Role Playing in Education*, **2009**. Disponível em <<http://www.blatner.com/adam/pdntbk/rlplayedu.htm>>. Acesso em: nov. 2013.
- 7) BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K.; *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Portugal: Porto Editora, 1994.
- 8) BRASIL. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. Agência Nacional de Elétrica. Disponível em : <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: set. 2014.
- 9) BRASIL. *Ensino Médio: orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC - Semtec, 1999.
- 10) BRASIL. *Ensino Médio: orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC - Semtec, 2002.

- 11) BRASIL. *Plano Nacional de Energia 2030. Geração Termonuclear. MME / EPE*, 7, 2007. Ministério de Minas e Energia. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_7.pdf>. Acesso em: set. 2014.
- 12) BRASIL. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC - SEB, 2, 2006.
- 13) CARDOSO, E.M.; *Apostila Educativa Energia Nuclear*. CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf>>. Acesso em: maio 2013.
- 14) CENA. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Disponível em: <www.cena.usp.br/irradiacao/irrad_alim.htm>. Acesso em: out. 2014
- 15) CESARETTI, M.A.; *Análise comparativa entre fontes de geração elétrica segundo critérios socioambientais e econômicos*. Dissertação de mestrado. Santo André: Universidade Federal do ABC, 2010.
- 16) CHARLOT, B.; *Relação com o Saber, formação dos professores e globalização: questões para a educação hoje*. Artmed: Porto Alegre, 2005.
- 17) CHASSOT, A.I.; *Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação*. Unijuí: Ijuí, 2010.
- 18) CHASSOT, A.I.; *Catalisando transformações na educação*. Unijuí: Ijuí, 1993.
- 19) CHASSOT, A.I., *Pra que(m) é útil o ensino*: Ed. Ulbra: Canoas, 2004.
- 20) CHASSOT, A.I.; *Química Nova na Escola*, **1995**, 2, 19-22.
- 21) CHURCHILL, D.; *Educational Technology Research and Development*, **2007**, 55, 479-497.
- 22) COLCLOUGH, N.D.; *Trainee teachers and ionizing radiation: understandings, attitudes and risk assessments. A descriptive study in one institution*. Tese de Doutorado. Birmingham: Universidade de Birmingham, 2007.
- 23) COX, K. K.; *Informática na Educação Escolar*. Campinas: Autores Associados, 2008.
- 24) DUTRA, P.M.F.; *Percepção de Estudantes do Ensino Médio sobre o Tema Radiação e Tecnologias Relacionadas: ideias informais e categorias conceituais*. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN/CNEN, 2010.

- 25) EICHLER, M.L.; DEL PINO, J.C.; *Ambientes Virtuais de Aprendizagem: desenvolvimento e avaliação de um projeto em educação ambiental*. UFRGS: Porto Alegre, 2006.
- 26) EICHLER, M.L.; DEL PINO, J.C.; *Química Nova na Escola*, **2000a**, 11, 10-12.
- 27) EICHLER, M.L.; DEL PINO, J.C.; *Seropédica*, **2010**, 32 45-64.
- 28) EICHLER, M.L.; DEL PINO, J.C.; *Química Nova*, **2000b**, 23, 835-840.
- 29) EICHLER, M.L.; FAGUNDES, L.C.; *Renote: Revista Novas Tecnologias na Educação*, **2005**, 3, 1-11.
- 30) EICHLER, M.L.; GONÇALVES, M.R.; SILVA, F.O.M.; JUNGES, F.; DEL PINO, J.C.; *Renote: Revistas Novas Tecnologias na Educação*, **2003**, 2, 1-13.
- 31) EICHLER, M.L.; JUNGES, F.; DEL PINO, J.C.; *Física na Escola*, **2006**, 7, 17-22.
- 32) EICHLER, M.L.; JUNGES, F.; DEL PINO, J.C.; *Revista Novas Tecnologias na Educação*, **2005**, 3, 1-13.
- 33) EICHLER, M.L.; PERRY, G.T.; GONÇALVES, M.R.; SILVA, F.O.M.; JUNGES, F.; DEL PINO, J.C.; *Renote: Revista Novas Tecnologias na Educação*, **2006**, 4, 1-12.
- 34) FATARELI, E.F.; ABREU, L.N.F.; FERREIRA, J.Q.; QUEIROZ, S.L.; *Química Nova na Escola*, **2010**, 32, 161-168.
- 35) FERREIRA, J.Q. *Ambientes virtuais no ensino superior de química: uso, aceitação e possibilidades de aprendizagem em uma disciplina de comunicação científica*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: USP, 2009.
- 36) FERREIRA, V.; *Química Nova*, **1998**, 21, 780-786.
- 37) FREIRE, P.; *Educação e Mudança*. São Paulo: Paz e Terra, 2011a.
- 38) FREIRE, P.; *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 2011b.
- 39) FREITAS, M.T.A.; Computador/Internet como Instrumentos de Aprendizagem: uma reflexão a partir da abordagem psicológica histórico-cultural. In: *2º Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação*, Recife, 2008. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/nehete/simpósio2008/anais/Maria-Teresa-Freitas.pdf>>. Acesso em: out. 2014.

- 40) GILBERT, J.K.; *Enseñanza de Las Ciencias*, **1995**, 13, 15-24.
- 41) GIORDAN, M.; *Ciência & Educação*, **2005**, 11, 279-304.
- 42) GIORDAN, M.; *Computadores e linguagens nas de aulas de ciências*. Unijuí: Ijuí, 2008.
- 43) GÜLLICH, R.I.C.; *Didática das Ciências*. Curitiba: Prisma, 2013.
- 44) GUTERRES, J.O.; EICHLER, M.L.; DEL PINO, J.C.; *Tecnologia Educacional*, **2004**, 166, 69-82.
- 45) HODSON, D.; *Enseñanza de las Ciencias*, **1994**, 12, 299-313.
- 46) HOOD, J.B.; *Journal of Chemistry Education*, **1994**, 71, 196-200.
- 47) KISHIMOTO. T.M. *O Jogo e a Educação Infantil*. São Paulo: Cortez Editora, 2012.
- 48) LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A.; *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EDU, 1988.
- 49) LUNGU, F.C.S.; *Investigating Malawian physical science teachers' teaching strategies: a case study in nuclear physics*. Tese de Doutorado. Johannesburg: Universidade de Witwatersrand, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10539/7380>>. Acesso: out 2014.
- 50) MELEIRO, A.; GIORDAN, M.; *Química Nova na Escola*, **1999**, 10, 17-20.
- 51) MORAES, R.; GALIAZZI, M.C.; *Análise Textual Discursiva*. Ijuí: Unijuí, 2011.
- 52) MOREIRA, I.C.; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0214/214770.pdf>. Acesso em: out.2014.
- 53) MOREIRA, M. A.; *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 2011.
- 54) MORTIMER, E.F.; *Química Nova na Escola*, **1995**, 1, 23-26.
- 55) NAKIBOGLU, C.; TEKIN, B.B.; *Journal of Chemical Education*, **2006**, 83, 1712-1718.
- 56) NASCIMENTO, A.C.A.A.; *Objetos de Aprendizagem: entre a promessa e a realidade*; PRATA, C. L.; NASCIMENTO, A. C. A. A. (Orgs.). Brasília: MEC, SEED, 2007.

- 57) OLIVEIRA, I.B.; SABATO, S.F.; *Radiation Physics and Chemistry*, **2004**, 71, 495-499.
- 58) OLIVEIRA, S.F., MELO, N.F., SILVA, J.T.; VASCONCELOS, E.A.; *Química Nova na Escola*, **2013**, 35, 147-151.
- 59) ORNELLAS, C.B.D.; GONÇALVES, M.P.J.; SILVA, P.R.; MARTINS, R.T.; *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, **2006**, 26, 211-213.
- 60) OSBORNE, J.; HENNESSY, S.; *Literature Review in Science Education and the Role of ICT: Promise, Problems and Future Directions*, 2003. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART8_Vol8_N2.pdf>. Acessado em: out. 2014.
- 61) PEROZZI, M.; *Inovação Uniemp*, **2007**, 3, 42-43.
- 62) PERRY, G.T.; ANDRADE NETO, A.S.; *Guia do Professor*, 2006. Disponível em: <<http://rived.mec.gov.br/sistema/upload/guia/169.pdf>>. Acesso: fev. 2014.
- 63) PIAGET, J.; *Epistemologia Genética*. Álvaro Cabral (Trad.). São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- 64) POL, E.A.; *Estudos de Psicologia*, **2003**, 8, 235-246.
- 65) RAUPP, D.; SERRANO, A.; MARTINS, T.L.C.; *Revista Liberato*, **2008**, 9, 13-22.
- 66) RIBEIRO, A.A. e GRECA, M.; *Química Nova, São Paulo*, **2003**, 16, 542-549.
- 67) RODRIGUES, C.R.; DINIZ, J.M.; ALBUQUERQUE, M.G.; SANTOS, N.P.; ALENCASTRO, R.B.; LIMA, D.; CABRAL, L.M.; SANTOS, T.C.; SANTOS, D.O.; CASTRO H.C.; *Ciências & Cognição*, **2008**, 13, 71-83.
- 68) SANTOS, F.M.T.; GRECA, I.M.; SERRANO, A.; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, **2003**, 3, 58-69.
- 69) SANTOS, P.L.W.; SCHNETZLER, R.P.; *Educação em Química: um compromisso com a cidadania*. Ijuí: Unijuí. 2010.
- 70) SILVA, J.G.; *Desenvolvimento de um ambiente virtual para estudo sobre representação estrutural em Química*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: USP, 2007.
- 71) SILVA, M.; *Sala de aula interativa: educação, comunicação, mídia clássica, internet, tecnologias digitais, arte, mercado, sociedade, cidadania*. São Paulo: Edições Loyola, 2012.

- 72) SILVEIRA, F.S.; *A Utilização de um Objeto de Aprendizagem sobre a Matriz Elétrica para o Ensino de Ciências*. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: UFRGS, 2012.
- 73) SOARES, M.H.F.B.; *O Lúdico em Química: Jogos e atividades aplicados ao ensino de química*. Tese de Doutorado. São Carlos: UFSCAR, 2004.
- 74) SOUZA, K.A.F. D.; CARDOSO, A.A.; *Química Nova na Escola*, **2008**, 27, 51-56.
- 75) SOUZA, V.C.A.; JUSTI, R.S.; FERREIRA, P.F.M.; *Investigações em Ensino de Ciências*, **2006**, 11,7-28.
- 76) VIGOTSKI, L.S.; *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*.: José Cipolla Neto et al.. (Trads.). São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- 77) VIVAS, L.S.; ALMEIDA, J.V.; EICHLER, M.L.; Classificação de Objetos de Aprendizagem: uma análise de repositórios brasileiros. In: *XV Encontro Nacional de Ensino de Química*, Brasília, 2010.
- 78) TAJRA, S.F.; *Informática na Educação*. São Paulo: Editora Érica, 2011.
- 79) TSARPALIS, G.; HARTZAVALOS, S.; NAKIBOLGU, C.; *Science & Education*, **2013**, 22, 1963-1991.
- 80) XAVIER, A.M., LIMA, A.G.; VIGNA, C.R.M.; VERBI, F.M.; BORTOLETO, G.G.; GORAIEB, K.; COLLINS, C.H.; BUENO, M.I.M.S.; *Química Nova*, **2007**,30, 83-91.

7. ANEXOS

7.1 MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO ENVIADO AOS RESPONSÁVEIS DOS SUJEITOS INVESTIGADOS.

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG/CPF _____, responsável pelo (a) jovem _____, participante da turma _____, do Instituto Federal Sul-riograndense Campus Charqueadas, declaro por meio deste termo que AUTORIZO o mesmo (a) a participar da coleta de dados da pesquisa científica intitulada Utilização pedagógica em contexto escolar de nível médio do Software Educativo Cidade do Átomo realizada pela doutoranda Liliane D. A. Gruber, professora deste Instituto e aluna do Programa de Pós Graduação em Química da UFRGS.

Declaro que fui informado que os objetivos desta pesquisa são:

- Selecionar as escolas com estudantes de ensino médio e médio integrado a cursos técnicos para participar desta investigação.
- Ministras oficinas do software educativo Cidade do Átomo para professores do Ensino Médio.
- Acompanhar a utilização do software Cidade do Átomo por alunos do ensino médio.
- Avaliar os resultados da aplicabilidade do software Cidade do Átomo desenvolvida em sala de aula em relação ao envolvimento dos estudantes no processo de construção do seu conhecimento em química e a relação com o seu contexto social.
- Analisar os resultados da utilização do software Cidade do Átomo como estratégia pedagógica no ensino de Química, verificando a contribuição da atividade de jogos de representações de papéis com relação à percepção dos alunos sobre temas científicos e tecnológicos polêmicos.

Declaro que foi igualmente esclarecido que as informações coletadas a partir desta pesquisa (questionários, gravações de áudio e vídeo, etc.) serão utilizadas apenas em situações acadêmicas, tais como artigos científicos, palestras, seminários, entre outros, e identificadas somente por sigla e número relativo à idade do participante, preservando assim a identidade do

mesmo. Autorizo, somente para uso acadêmico, as fotos e filmagens obtidas durante a participação do(a) jovem durante a coleta. A colaboração do(a) jovem terá início quando o(a) mesmo(a) entregar este presente termo devidamente assinado.

Estou ciente de que participar deste estudo não terei nenhum custo, nem receberei qualquer vantagem financeira. Em caso de dúvida ou necessidade de maiores esclarecimentos, poderei contatar o pesquisador-orientador da pesquisa pelo telefone (51) 3308-6270, a professora-pesquisadora pelo telefone (51) 84214286 e pelo endereço eletrônico liliane.gruber@gmail.com. Fui ainda informado de que o (a) jovem participante poderá deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, mediante a comunicação ao pesquisador responsável pela mesma.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra foi fornecida a mim.

Porto Alegre, 25 de abril de 2013.

Assinatura do Pesquisador

Assinatura do Responsável pelo jovem participante

Nome completo e legível do responsável pelo jovem

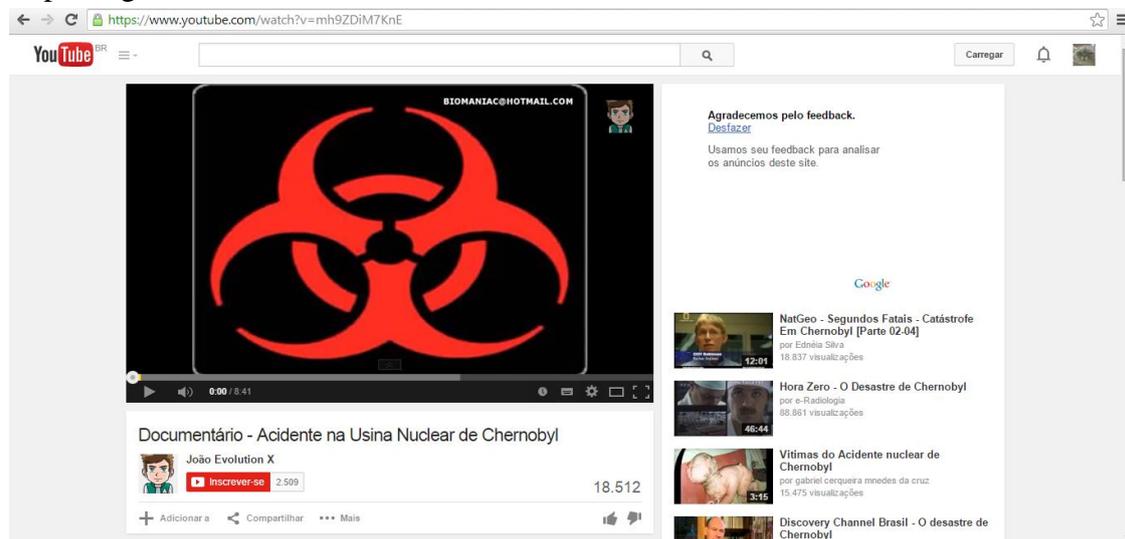
Assinatura do jovem participante

Nome completo e legível do jovem participante

e-mail/telefone: _____

7.2. PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS DURANTE A PRÁTICA PEDAGÓGICA SOBRE OS ASSUNTOS ENERGIA NUCLEAR E RADIOATIVIDADE

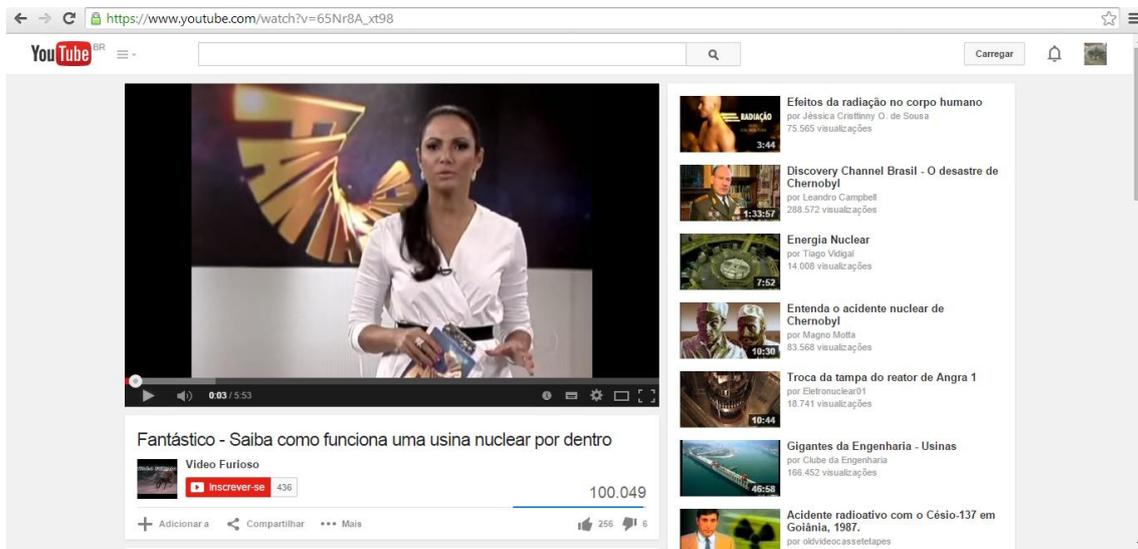
1) Documentário sobre o acidente nuclear de Chernobyl. Disponível em <http://migre.me/osDuL>. Acesso em maio de 2013.



2) Noticiário veiculado em televisão aberta sobre o acidente de Chernobyl. Disponível em <http://migre.me/osDAS>. Acesso em maio de 2013.



3) Reportagem realizada por programa em televisão aberta. Disponível em <http://migre.me/osDGH>. Acesso em maio de 2013.



4) Reportagem disponível em <http://migre.me/osDQH>. Acesso em maio de 2013.



5) Blog do ambientalista George Monbiot pode ser acessado em www.monbiot.com/2011/03/21/going-critical.

6) As informações do posicionamento do ambientalista James Lovelock são encontradas em <http://migre.me/oKzno>.



RADIAÇÃO IONIZANTE

?

O átomo é neutro:

o número de prótons (positivos) **NO NÚCLEO**
=
ao número de elétrons (negativos) **NA ELETROSFERA**

$A - 1e^-$ → fica com um próton não neutralizado!! 1 carga (+) A^+

A ionização é o rompimento desta neutralidade

Inversamente...

$A + 1e^-$ → não haverá um próton correspondente no núcleo e ficará, assim, com 1 carga (-) A^-



Efeitos das emissões radioativas

- Efeitos químicos: Promoção reações químicas
- Efeitos térmicos: Liberação de calor
- Efeitos luminosos: Fluorescência e fosforescência
- Efeitos elétricos: A ionização de gases altera suas condutividades elétricas
- Efeitos fisiológicos: Tonturas, úlceras na pele ou até mesmo a morte, dependendo da dose absorvida.



RADIOATIVIDADE

?

"A radioatividade é definida como a capacidade que alguns elementos fisicamente instáveis possuem de emitir energia sob forma de partículas ou radiação eletromagnética."

Fonte 1:

<http://www.brasilecola.com/quimica/radioatividade>

"A **radioatividade** é um fenômeno natural ou artificial, pelo qual algumas substâncias ou elementos químicos, chamados radioativos, são capazes de emitir radiações, as quais têm a propriedade de impressionar placas fotográficas, ionizar gases, produzir fluorescência, etc.

As radiações emitidas pelas substâncias radioativas são principalmente partículas alfa, partículas beta e raios gama. A radioatividade é uma forma de energia nuclear..."

Fonte 2:

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Radioatividade>



Aplicações das reações nucleares - radioatividade

- Bombas nucleares
- Geração de energia
- Tracadores em moléculas
- Análises Clínicas
- Tratamento de doenças
- Conservação de alimentos



RADIOATIVIDADE



Efeitos - das emissões radioativas

Aplicações - reações nucleares

Perigos

Benefícios



Benefícios da radioatividade

- Raio X
- Produção de energia
- Datação radiométrica, através do carbono-14
- Transmutação, na qual muda-se o elemento
- Radioterapia
- Tratamento médico, químico ou físico
- Radiografia de peças industriais
- Na indústria alimentícia, onde utilizam-se radiações de alta energia, evitando que frutas se estraguem mais rapidamente ou brotem ramificações
- No diagnóstico de doenças como **tireóide**

MEDICINA



PET-CT

Apresentação Indicações Procedimento Equipe Onde Encontrar

O PET-CT, ou Tomografia por emissão de pósitrons, é um exame não invasivo dos mais sofisticados, seguros e completos. Sua tecnologia une os recursos diagnósticos da Medicina Nuclear (PET) e da Radiologia (CT).

O PET-CT adaptado para Hospital Mãe de Deus oferece, com grande sensibilidade, informações hepatocelulares sobre a função e o potencial evolutivo maligno das lesões. Através de uma sobreposição de imagens metabólicas e anatômicas, adquirem-se assim, imagens de corpo inteiro capazes de revelar precocemente lesões malignas. Frequentemente não detectadas por outros modalidades de imagens convencionais, como a tomografia.

PET-CT

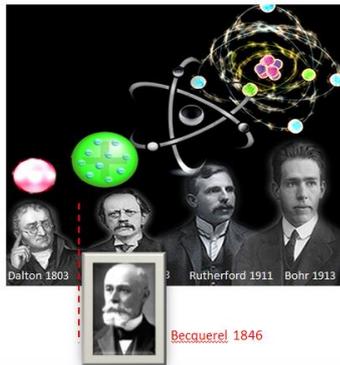
Apresentação Indicações Procedimento Equipe Onde Encontrar

Indicações médicas:

- Diagnóstico Oncológico;
- Método adjuvante no diagnóstico diferencial da doença de Alzheimer;
- Detecção de tumor residual ou recorrente viável nas lesões cerebrais tratadas cirurgicamente ou com radioterapia;
- Visualidade metabólica.



OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO



Dalton 1803

Bequerel 1846

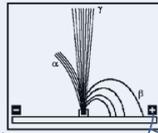
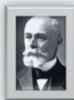
Rutherford 1911

Bohr 1913



OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

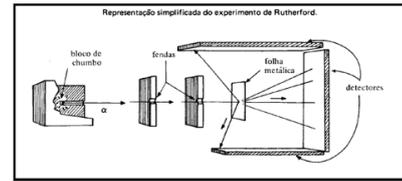
Estas experiências tinham por objetivo desvendar a natureza dos "raios" que emanavam de elementos como o urânio e o tório e que haviam sido descobertos por **Bequerel**, em 1846. A propriedade que estes elementos apresentam de emitir "raios" foi, mais tarde, chamada por **Mme. Curie** de **radioatividade**.



o campo magnético provoca diferentes desvios, em função da carga e da massa das partículas.

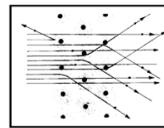
O experimento de Rutherford

Um feixe de partículas α emitido pelo polônio atravessa uma fina lâmina de ouro e entra em contato com os detectores (recobertos por sulfeto de zinco - ZnS), emitindo luz visível ao serem atingidos pelas partículas α .

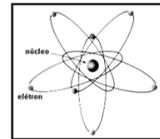


As partículas, ao incidirem sobre a lâmina de ouro, seguem diferentes caminhos: algumas voltam em direção à fonte, outras se desviam da trajetória inicial, e a maior parte atravessa o ouro sem mudar de direção.

O experimento de Rutherford



experimento de Rutherford em que partículas α atravessam uma lâmina de ouro



modelo atômico de Rutherford: núcleo pequeno, denso e eletricamente positivo, envolto por elétrons em suas órbitas.





OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

Até aquele momento, eles se debatiam com problemas que pareciam ser insolúveis.

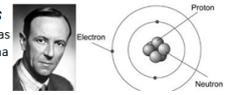
Por exemplo: alguns átomos **possuíam atômico (Z), embora possuíssem (A) diferentes** **ISÓTOPOS**

O que levava os cientistas a crer que se tratava de elementos químicos diferentes. Por isso tentavam isolá-los (sem sucesso, evidentemente).



OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

A proposição de que **o núcleo do átomo** seria formado por **prótons e nêutrons** contribuiu para que se esclarecessem muitas dúvidas que os próprios cientistas tinham na época.



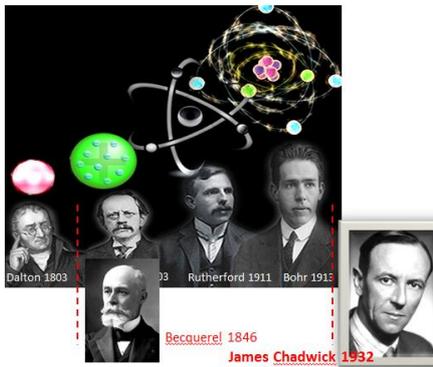
➤ Com a descoberta do nêutron, por **Chadwick**, em 1932, ampliou-se o conceito de **isotopismo**.

➤ Um mesmo elemento químico pode ser formado por átomos de diferentes números de massa
➤ núcleos com $P = e$, mas N variáveis.

Os cientistas puderam concluir que existiam átomos idênticos do ponto de vista químico, com diferentes níveis de radioatividade. No entanto, o conceito de isótopos logo se estendeu para átomos estáveis.



OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO



OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

Estes átomos são ISÓTOPOS do elemento considerado.

os isótopos possuem mesmo 'Z' ➡ mesmo elemento químico

A maioria dos elementos químicos são misturas de isótopos, os quais distribuem-se na natureza sempre na mesma proporção

Composição isotópica de alguns elementos

ELEMENTO	MASSA ATÔMICA	% NA NATUREZA
Hidrogênio	1	99,9
	2	0,01
	3	trços
Carbono	12	98,8
	13	1,1
	14	trços
Oxigênio	16	99,7
	17	trços
	18	0,2
Magnésio	24	78,9
	25	10,0
	26	11,1



OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

Estes átomos são ISÓTOPOS do elemento considerado.

os isótopos possuem mesmo 'Z' ➡ mesmo elemento químico

A maioria dos elementos químicos são misturas de isótopos, os quais distribuem-se na natureza sempre na mesma proporção

Composição isotópica de alguns elementos

ELEMENTO	MASSA ATÔMICA	% NA NATUREZA
Hidrogênio	1	99,9
	2	0,01
	3	trços
Carbono	12	98,8
	13	1,1
	14	trços
Oxigênio	16	99,7
	17	trços
	18	0,2
Magnésio	24	78,9
	25	10,0
	26	11,1



OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

➤ Assim, o hidrogênio ($Z=1$) é formado por átomos de $A=1, 2$ e 3 em uma proporção constante.



➤ O ferro contém em maior quantidade átomos cujo núcleo possui 26 prótons e 30 nêutrons.



também há átomos cujo núcleo possui 26 prótons e mais 28, 31 ou 32 nêutrons. São isótopos de ferro. E **estáveis**, ou seja, sem tendência a se transformar em outros elementos de forma espontânea



OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

Alguns elementos químicos e seus isótopos, radioativos ou não:

ISÓTOPOS DE	RADIOATIVOS	ESTÁVEIS	TOTAL
Alumínio	8	1	9
Cálcio	11	6	17
Carbono	6	2	8
Zinco	16	5	21

Caso um elemento apresente isótopos radioativos, a forma de desintegração (tipo de radiação emitida) depende do arranjo das partículas no núcleo.

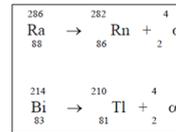


OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

PARTÍCULAS ALFA é típica de núcleos pesados, principalmente naqueles elementos de Z maior que 83.

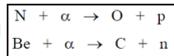
A partícula alfa, por este motivo, muitas vezes é representada como He^{2+} , pois é igual, em carga e massa, ao núcleo do gás nobre hélio. $\alpha \rightarrow He^{2+}$

Desintegrações típicas por emissão de partículas alfa são representadas pelas equações abaixo:

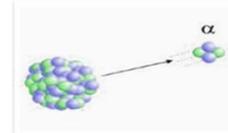
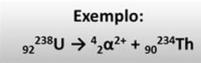
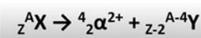
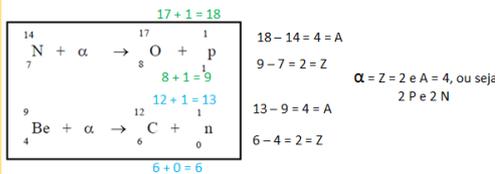


OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

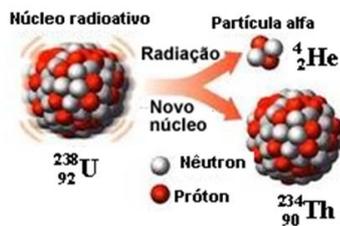
PARTÍCULAS ALFA é típica de núcleos pesados, principalmente naqueles elementos de Z maior que 83.



Estas equações representam as reações nucleares que levaram à descoberta do próton e do nêutron.



➤ Um núcleo emitindo partícula alfa:



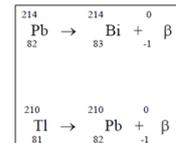
OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

PARTÍCULAS BETA As partículas beta (β) também são de origem nuclear.

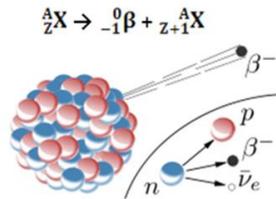
Possuem massa e carga iguais às do elétron.

➤ Por isto, muitos cientistas chegaram a acreditar que existiam elétrons dentro do núcleo.

As equações a seguir mostram decaimentos beta típicos:



> Um núcleo e a emissão de partícula beta:

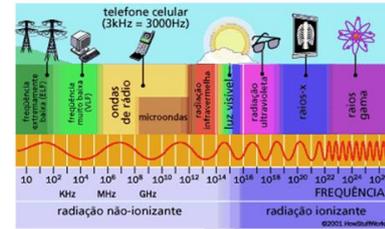


OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

RAIOS GAMA

Por se tratar de uma onda eletromagnética, os raios gama propagam-se com velocidade igual à da luz.

No entanto, sua energia é maior e, portanto, seu comprimento de onda é menor.



OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

RAIOS GAMA

Os raios gama são ondas de radiação eletromagnética

Não possuem massa nem carga elétrica. São semelhantes aos raios X.



diferenciando-se somente na origem: enquanto os raios X provêm da eletrosfera do átomo, os raios gama tem origem nuclear.

Por se tratar de uma onda eletromagnética, os raios gama propagam-se com velocidade igual à da luz. No entanto, sua energia é maior e, portanto, seu comprimento de onda é menor.



Então,

- A radiação é emitida do núcleo, podendo ser partículas alfa, beta ou raios gama;
- Existe um período, um intervalo de tempo, que é chamado de meia-vida que uma amostra leva para que sua massa se reduza à metade;
- esse período pode ser de alguns segundos até bilhões de anos;

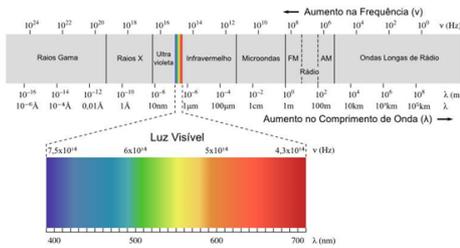
Meia-vida é o tempo que uma certa massa de isótopo radioativo leva para cair à metade da massa original. Quando as meias-vidas são muito pequenas, significa que há uma grande quantidade de partículas emitidas por unidade de tempo.



OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

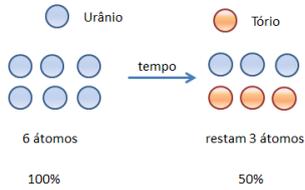
RAIOS GAMA

Por se tratar de uma onda eletromagnética, os raios gama propagam-se com velocidade igual à da luz. No entanto, sua energia é maior e, portanto, seu comprimento de onda é menor.





Meia-vida é o tempo que uma certa massa de isótopo radioativo leva para cair à metade da massa original. Quando as meias-vidas são muito pequenas, significa que há uma grande quantidade de partículas emitidas por unidade de tempo.



OS ISÓTOPOS E OS TIPOS DE EMISSÃO

- Ao atravessarem a matéria, as radiações transmitem sua energia aos elétrons.
- Quando esta energia é suficiente para superar a energia que mantém os elétrons atraídos pelo núcleo, ocorre a ionização

e o elétron é arrancado do átomo com certa velocidade.

As partículas carregadas α e β

- provocam ionização de forma direta, por colisão com os átomos e elétrons do meio.
- Já as ondas eletromagnéticas (raios δ e X) e partículas não carregadas (nêutrons) provocam ionização de forma indireta transferindo sua energia para outras partículas, que por sua vez provocam ionizações.



Curva de decaimento de material radioativo:

