



## O ENSINO DE RADIOATIVIDADE EM QUÍMICA E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA SOB O ASPECTO DA RACIONALIDADE

The Teaching of Radioactivity in Chemistry and Critical Environmental Education Under the Aspect of Rationality

### RESUMO

O presente artigo, recorte de uma pesquisa de mestrado, tem o objetivo de discutir uma prática pedagógica de química no ensino médio sob a temática da radioatividade e aspectos da educação ambiental crítica. Aplicaram-se atividades em duas escolas privadas e realizou-se uma visita ao Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste (CRCN-CO), local em que são armazenados os rejeitos radioativos do maior acidente radiológico do mundo ocorrido na capital de Goiás, Goiânia, no ano de 1987. O ensino de radioatividade foi contextualizado histórico e culturalmente segundo as relações sociais e meio ambiente, analisando-se os riscos e benefícios do uso dessas tecnologias diante de uma perspectiva crítica. A metodologia utilizada foi estruturada em uma abordagem qualitativa, por meio de discussões dialógicas, questionários, áudio e observação participativa que possibilitaram a elaboração de relatórios para a análise dos dados obtidos nesta pesquisa. Os resultados demonstraram que a atividade permitiu, além do ensino da radioatividade, uma virada ontológica do ser, pois a subjetividade crítica nos alunos foi despertada por meio de um trabalho que quebrou o silêncio entre o ensino de radioatividade e as causas originárias do acidente radiológico ocorrido em Goiânia. Assim, as escolas tiveram uma experiência epistemológica no ensino de radioatividade, resultando em superação de pensamentos, cuja subjetividade humana se tornasse escassa, ou seja, permeasse apenas o discurso racional dos paradigmas da sociedade moderna.

**Palavras-Chave:** Ensino de química. Educação ambiental crítica. Radioatividade.

### ABSTRACT

This article, part of a master's research, aims to discuss a pedagogical practice of chemistry in high school under the theme of radioactivity and the aspects of a critical environmental education. Activities were carried out in two private schools and a visit was made to the Regional Center for Nuclear Sciences of the Midwest (CRCN-CO), a place that stores the radioactive waste from the largest radiological accident in the world that occurred in the capital of Goiás, Goiânia, in 1987. The teaching of radioactivity was historically and culturally contextualized according to social relations and the environment analyzing the risks and benefits of using these technologies from a critical perspective. The methodology used was structured in a qualitative approach, through dialogical discussions, questionnaires, audio and participatory observation that enabled the preparation of reports for the analysis of the data obtained in this research. The results demonstrated that the activity allowed, in addition to the teaching of radioactivity, an ontological turn of being, since the critical subjectivity in students was awakened through a work that broke the silence between the teaching of radioactivity and the root causes of the radiological accident occurred in Goiânia. Thus, schools had an epistemological experience in teaching radioactivity, resulting in overcoming thoughts, whose human subjectivity became scarce, that is, permeating only the rational discourse of the paradigms of modern society.

**Keywords:** Chemistry teaching. Critical environmental education. Radioactivity.

**Alysson Benite de Freitas**

[benitemais@gmail.com](mailto:benitemais@gmail.com)

Instituto Federal de Goiás (IFG).

<http://orcid.org/0000-0003-0295-5903>

**Wesley Fernandes Vaz**

[wesleyf vaz@gmail.com](mailto:wesleyf vaz@gmail.com)

Universidade Federal de Jataí (UFJ).

<http://orcid.org/0000-0002-9953-4509>



## INTRODUÇÃO

A radioatividade, no ensino médio da educação básica, faz parte do núcleo da instrução dos conteúdos das matérias, cuja abordagem comunica-se no mundo tecnológico operando conceitos técnicos. O professor conduz as atividades de estudo dos alunos, de acordo com suas condições de trabalho, à assimilação sólida de conhecimentos sistematizados nas formas de radiação, meia-vida e energia nuclear no discurso racional e operacional. Contudo, esse processo de aprendizagem é sedimentado por meio da resolução de exercícios com pouca discussão crítica desse contexto.

Nesse âmbito, possibilita-se a difusão da educação ambiental (EA) no uso das tecnologias com o discurso da sustentabilidade. Assim, ocorre a transmissão comportamental, perpetuada pelos paradigmas da sociedade moderna, para obter um comportamento social adequado. O ensino torna-se um “adestramento ambiental”, pois não há problematização das causas que aprofundam a crise ambiental, resultando num aumento da degradação dos recursos naturais (GUIMARÃES, 2006).

Quanto ao ensino de química, uma das ciências da natureza e suas tecnologias, na maioria das escolas encontra-se num cenário educacional que tem aspectos de transmissão de conteúdos nos moldes da educação bancária freiriana, ou seja, os alunos são os alvos de depósitos de conteúdo. Esses depósitos estabelecem uma relação vertical entre professor e aluno dentro de uma perspectiva do ensino tradicional, voltado às avaliações que se destinam ao acesso às Instituições de Ensino Superior (IES) tanto privadas quanto públicas (FREIRE, 2013).

É fato que o ensino de química tem raízes na filosofia positivista de Augusto Comte. Isso, inconscientemente ou conscientemente, influencia na formação e no comportamento de docentes que, ao ministrarem aulas, concretizam suas tarefas da instrução numa epistemologia da prática profissional (SCALCON, 2008). Evidencia-se um pragmatismo do ensino, cuja sistematização objetiva-se numa educação do aprender a aprender na busca de resultados com conseqüente desvio crítico da formação discente.

Convém lembrar que as concepções do rigor científico, baseadas no empirismo, têm origens filosóficas em Descartes e Bacon que culminam com a revolução científica de 1789 e de 1830, a qual nossa educação em ciências da natureza tem fortes relações. A Revolução Francesa foi considerada por Auguste Comte como negativa e sua política retrógrada, pois faltava uma filosofia capaz de realizar a combinação do espírito de ordem com o espírito do progresso. O positivismo faz da ordem a condição do progresso e do progresso a meta da ordem (GIANNOTTI, 1978). Essas características ainda estão enraizadas nos sistemas de ensino do Brasil na busca de melhores resultados em avaliações, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Segundo Comte, a manutenção da ordem tem a necessidade de uma educação universal (GIANNOTTI, 1978). Assim, é possível regenerar um espírito científico por meio de estudos positivos que possibilitam a universalidade das inteligências. Essa educação universal destina-se essencialmente aos proletários, já que o ensino é dirigido sobretudo à classe mais numerosa sem excluir uma classe qualquer, concebendo melhor predisposição ao estado positivo (GIANNOTTI, 1978). Esse sistema de educação baseada no recebimento de informações tem como finalidade colocar o indivíduo no mercado de trabalho. Nesse cenário, o professor é apenas um transmissor de informações, as quais devem ser assimiladas pelos alunos sem questionamentos e executadas para o seu sucesso social. Porém, fica a indagação: é possível romper com o paradigma dominante no ensino de química?

Logo, para superar o paradigma dominante, há um paradigma emergente que inter-relaciona o conhecimento científico e o conhecimento social. Esse paradigma coaduna com o ensino de radioatividade no campo da educação ambiental (EA) crítica, preocupando-se com a sustentabilidade e o futuro do planeta, por meio da formação de cidadãos que pensam criticamente (RUSCHEINSKY; TRISTÃO, 2012).

A noção de sustentabilidade na EA é uma expressão perigosa, pois ela pode assumir vários sentidos devido a não apresentar uma forma própria. Assim, ela pode contribuir para a formação de indivíduos que buscam uma qualidade de vida, vivenciada por uma minoria da população mundial que consome a maior fatia dos recursos naturais. Além disso, se todas as pessoas se comportassem da mesma maneira, seguindo um adestramento ambiental, em qualquer lugar do mundo perpetuar-se-ia o paradigma dominante com o conseqüente aumento da degradação dos recursos naturais e desigualdades sociais (FREITAS; FREITAS, 2016).

Ademais, convém lembrar que a superação do paradigma dominante é um movimento lento, cuja pedagogia do oprimido, de Freire (2013), torna-se subsídio para os professores de ciências da natureza trilharem os caminhos em que o oprimido se liberta do seu opressor sem ocupar o papel deste. Sendo assim, a radioatividade, como prática pedagógica, foi ação motivadora no desenvolvimento desta pesquisa em educação, igualmente, o ensino científico também foi norteado num contexto socioambiental para que o aluno pudesse ter autonomia de escrever esse conteúdo como autor e conscientizar-se, não apenas com o conhecimento em si, mas com o compromisso em ser cidadão.

É válido também salientar, os paradigmas da sociedade moderna permitem uma reflexão, consciente ou inconsciente, sobre modelos antagônicas no ensino de EA, o que resulta numa racionalidade dominante. Então, na perspectiva de superar essas armadilhas paradigmáticas e o adestramento ambiental, foi trabalhada uma EA crítica. Apenas transformar o comportamento dos indivíduos não é a solução à crise ambiental, porque, por esse viés, não há problematização das causas. Assim, a crise ambiental se aprofunda, aumentando ainda mais as desigualdades sociais e a degradação do meio ambiente (GUIMARÃES, 2006).

É notório que a vida produtiva do homem é a própria vida genérica, em que ele faz de sua atividade vital objeto de sua vontade e consciência, a partir da transformação do corpo inorgânico que é a natureza (MARX, 2004). Se não pensarmos criticamente sobre a EA, teremos a redução dos recursos naturais e conseqüentemente não teremos o homem. Portanto, a crise ambiental tem origem nos paradigmas historicamente construídos pela sociedade moderna, os quais podem ser historicamente desconstruídos por meio da percepção crítica (GUIMARÃES, 2006).

Portanto, o ensino de radioatividade pode ser abordado relacionando os conteúdos da realidade objetiva ao ser? Essa é uma pergunta que será discutida neste artigo por meio de uma ação de diálogo entre o professor de química e seus alunos, cujo objetivo é analisar e verificar, após os discentes terem uma sequência de atividades envolvendo o tema gerador radioatividade, no âmbito da EA, se houve uma percepção crítica sobre o assunto abordado, inferindo sobre a racionalidade e a relação ontológica entre a natureza e a sociedade.

## **O Ensino de Radioatividade no Aspecto da Racionalidade**

Passamos a vivenciar uma era da pseudoformação, na qual as respostas para qualquer problema transmitem uma sensação de que já foram formuladas ou estão a caminho. Essa pseudoformação é o tipo de formulação que decorre dos processos definidos pela indústria cultural, em que o espírito do sujeito foi capturado pelo fetichismo da mercadoria. O pseudoformado tem a certeza de que sabe de tudo, tornando-se um sujeito inabordável (MAAR, 2003).

Conseqüentemente, as ressonâncias midiáticas necessitam ser discutidas pela sociedade tanto no âmbito da escola como em outros segmentos sociais, compreendendo que não existe informação sem interesse. Além disso, a informação, por si só, não traz conhecimentos, por isso o estudo do conhecimento é tão importante, pois tais mensagens sempre carregam ideologias que, em várias situações, são invisíveis nos mapas mentais. É, portanto, necessário esclarecer “a diferença entre dados, informação e conhecimento” (TRISTÃO, 2012, p. 243).

Vivemos, então, na sociedade da informação, que exige cada vez mais do homem um pensamento crítico sobre o verdadeiro sentido do conhecimento na formação básica do cidadão, para que esta informação propicie o saber. Por isso, o trabalho do professor torna-se cada vez mais importante e essencial para a superação do dado e estabelecimento de um conhecimento que dê autonomia ao discente, mediante aos efeitos da globalização.

Assim, no século XXI, a globalização literalmente torna-se presente na vida do cidadão do mundo, conectando-o à informação em poucos cliques, quiçá um comando de voz para se ter acesso ao dado desconhecido na rede mundial da internet. Essas estratégias fatais da globalização engendram-se ao nosso tecido vital, destroem o pensamento crítico e a ação criativa, o que resulta na impotência histórica de sonhar devido à impossibilidade do inconsciente de realizar sonhos (LEFF, 2011).

O pensamento abandona sua própria essência e os sujeitos tornam-se objeto de sua criação. Então, a fragmentação do saber, propagada de modo globalizado numa racionalidade econômica separada da teoria crítica, propicia um terreno infértil onde os conceitos vão perdendo seus significados. Assim, a busca pela felicidade mantém o indivíduo nessa sociedade de modo apassivado, cuja produção material de sua vida é apropriada por outro. Logo, a racionalidade presente no sujeito capta a racionalidade presente na economia e o sujeito epistemológico é destituído de sua humanidade (BENJAMIN *et al*, 1983).

Com a crise da racionalidade econômica, há também a crise ambiental que leva a morte da inanição de sentidos. A condição de sustentabilidade passa a ser negada no discurso de crescimento sustentável, pois este impõe uma qualidade de vida vivenciada por poucos que consomem a maioria dos recursos naturais, gerando mais desigualdades sociais. Por isso, temos a inanição de sentidos. Assim, o pensamento crítico possibilita a recriação dos sentidos existenciais (LEFF, 2011).

Mantendo-se a dinâmica da racionalidade econômica, molda-se uma sociedade sem oposição e a submissão à produção pacífica dos meios de destruição. Portanto, acontece o aperfeiçoamento do desperdício e os indivíduos são educados para uma defesa que deforma os defensores e aquilo que esses defendem. As necessidades e aspirações políticas tornam-se necessidades e aspirações individuais. Assim, a promoção dos negócios a partir de suas aspirações de mercado e sua totalidade parecem constituir a própria personificação da razão. Entretanto, temos uma sociedade irracional como um todo, cuja produtividade é destruidora das faculdades humanas operadas pela força (MARCUSE, 1967).

Dessa forma, as forças dos movimentos de cidadania necessitam ser capazes de inventar novas estratégias de poder para a construção de uma nova racionalidade social, uma vez que a globalização homogeneizou o mundo a partir de uma racionalidade de mercado que impõe um modo de produção em face de uma qualidade de vida. Esse mundo homogeneizado anuncia o fim das ideologias e da história. A racionalidade dominante impõe uma opressão física e moral, cujo pensamento crítico é impulsionando a criar sentidos à existência (LEFF, 2011).

Portanto, o aumento da produtividade econômica anula o indivíduo frente a esse poder. O discurso passivo inculca nos indivíduos o sentimento de impotência. Os sujeitos não conseguem romper as correntes que o atrelam a este mundo. Temos, segundo o princípio da identidade, o sujeito sendo tratado igual a um objeto; e segundo o princípio da autonomia, o sujeito necessita diferenciar-se do objeto. (ADORNO; HORKHEIMER, 1985). Porém, como o sujeito consegue diferenciar-se do objeto na perspectiva da racionalidade econômica?

Os pensamentos e as ações de algo pré-estabelecido são tendências paradigmáticas que envolvem os sujeitos em uma racionalidade dominante; portanto, a superação dos paradigmas proporciona a superação dessa racionalidade dominante. Contudo, o entendimento sobre o meio ambiente em sua complexidade torna-se limitado devido aos paradigmas da sociedade moderna. Esses paradigmas levam os sujeitos a pensarem inconscientemente sobre modelos antagônicos, ou seja, a escolherem caminhos limitados pelas relações entre a vida e a morte, o bem e o mal, como se não houvesse outras alternativas (GUIMARÃES, 2006).

Posto isso, o estímulo da superação dos paradigmas da sociedade moderna surge por meio da superação da teoria tradicional, pois essa perspectiva tradicional da teoria termina por adaptar o pensamento à realidade, visto que ela apenas descreve os fenômenos sociais. Por isso, critica-se o fato de que o positivismo apenas observa a sociedade com neutralidade, impossibilitando-o à crítica, ocorrendo, assim, uma manutenção da ordem vigente. Portanto, a teoria crítica tem a finalidade de acabar com a parcialidade da teoria tradicional e possibilitar a superação dos paradigmas da sociedade moderna (NOBRE, 2004).

Contudo, a racionalidade ambiental seria uma resposta social à racionalidade dominante. Essa racionalidade ambiental surge dentro da racionalidade capitalista no que tange a realidade política e tecnológica dominante. Então, torna-se possível a desconstrução da racionalidade capitalista dominante em todas as esferas da vida social. Entretanto, é necessário analisar as estratégias na construção de uma nova economia baseada na equidade e sustentabilidade (LEFF, 2011).

## CAMINHOS METODOLÓGICOS

A abordagem metodológica desenvolvida nesse trabalho foi de âmbito qualitativo. Em uma pesquisa qualitativa, o pesquisador torna-se um dos principais instrumentos, pois o ambiente natural se constitui em uma fonte direta de coleta de dados no estudo naturalístico. Neste estudo, o contato direto entre o pesquisador e o fenômeno no mesmo contexto ocorre naturalmente. Sendo assim, temos circunstâncias singulares nas quais o objeto de estudo está inserido, o que é relevante para sua devida compreensão (BOGDAN; BIKLEN, 2013). Esse processo é temporal e histórico e, além disso, a formulação de preposições contribuem com a discussão sobre a radioatividade no ensino de química no âmbito da EA crítica.

Foram realizadas quatro etapas distintas desta pesquisa de observação participante. Na etapa I, escolheu-se duas escolas privadas do sudoeste goiano de modo a contemplar locais que os professores da educação básica deste estudo já atuassem na sala de aula como professor de química no ensino médio.

Seguidamente, etapa II consistiu na seleção de duas séries do 2º ano do ensino médio, uma em cada escola da rede particular. Já a etapa III contemplou a escolha da área do ensino de química como o contexto a ser investigado. Por fim, na etapa IV foi selecionado o ensino de radioatividade como tema gerador de modo a propor a construção de uma racionalidade no ensino de química.

Neste trabalho, o ensino de radioatividade consistiu em uma visita no Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste (CRCN-CO), que está localizado na cidade de Abadia de Goiás, local em que os alunos tiveram acesso a uma palestra. Antes dessa visita, utilizou-se com os alunos uma estratégia de ensino de movimento, partindo do abstrato para o concreto no ensino de radioatividade, e vice-versa, na sala de aula. Assim, foram ministradas quatro aulas teóricas de 50 minutos com *PowerPoint*, leituras de textos, vídeos e discussões com os alunos sobre as relações de poder geradas pela radioatividade. Também foram discutidos os riscos que os materiais radioativos trazem ao meio ambiente e à sociedade

A visita ao CRCN-CO, em Abadia de Goiás, foi realizada por 45 alunos acompanhados pelo professor de química; esse local foi o destino dos rejeitos radioativos do acidente com o Césio-137, ocorrido em Goiânia no ano de 1987. Nessa etapa da pesquisa, o ensino de radioatividade proporcionou aos alunos interagirem com a história e os fatores que desencadearam o maior acidente radiológico do mundo. Essa contaminação por radioatividade ocorreu por meio de um equipamento de radiologia que, ao ser aberto inadvertidamente por populares, expôs a população de Goiânia-GO aos efeitos da radiação gama emitida pelo Césio-137, a qual vitimou muitas pessoas. Além disso, a partir desse acidente foi produzido um lixo incomum para a sociedade, chamado de rejeitos radioativos.

Vale ressaltar que os Diretores das escolas participantes assinaram o Termo de Anuência da pesquisa. Pais ou responsáveis legais dos estudantes envolvidos no estudo

assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e os estudantes o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. Dessa forma, os participantes tiveram a garantia de anonimato e o respeito às diferenças e opiniões.

Para a coleta de dados, além da observação, gravações de áudio e fotos, um questionário semiestruturado foi aplicado de modo a obter dados específicos sobre as percepções dos alunos mediante a pesquisa executada. Sendo assim, o questionário foi elaborado na plataforma *Google®* e aplicado após a palestra, por meio de acesso ao formulário eletrônico no *blog* do professor.

As respostas transcritas do questionário seguem identificação pelo prefixo A.1, A.2, A.3...A.45 (aluno e número). Os questionários foram numerados de modo aleatório, previamente a sua análise. Assim, foi possível individualizar cada resposta sem permitir a identificação dos alunos.

Os dados da pesquisa foram organizados numa categoria, considerando o universo do ensino de química em uma perspectiva crítica. Por isso, a categoria e as inferências (Quadro 1) foram elaboradas antes do início da análise das respostas do questionário (BOGDAN; BIKLEN, 2013).

**Quadro 1: Categoria de análise**

Questões de investigação	Categoria	Inferências
O ensino de radioatividade pode ser abordado relacionando os conteúdos da realidade objetiva ao ser?	O pensar e a racionalidade	- A problematização do ensino de radioatividade no contexto da ideologia da sociedade cultural. - A racionalização do armazenamento dos rejeitos radioativos. - A virada ontológica no ensino de radioatividade.

Fonte: elaborado pelos autores (2019).

A categoria, o pensar e a racionalidade possibilitaram a análise e discussão sobre as diversas formas de saber, inferindo sobre a racionalidade e a relação ontológica entre a natureza e a sociedade.

## O PENSAR E A RACIONALIDADE

No âmbito do pensar e da racionalidade, foi analisada a problematização do ensino de radioatividade no contexto da ideologia da sociedade industrial, cuja racionalidade apresenta-se no universo da locução. Assim, o ensino de química presente nesse universo mantém o poder da sociedade sobre o homem, pois o conformismo é racional e elimina a irracionalidade mais primitiva que prolonga e aprimora a vida (MARCUSE, 1967).

Portanto, o pensar e a racionalidade permitiram a análise e discussão sobre o ensino de radioatividade em um aspecto holístico da crítica. Essa análise possibilitou realizar as três inferências do quadro 1 de modo a propor a construção de uma racionalidade no ensino de química.

### A Problematização do Ensino de Radioatividade no Contexto da Ideologia da Sociedade Cultural

Ao se ensinar radioatividade, podemos refletir sobre a racionalidade utilizada no domínio de técnicas nucleares. Isso possibilita a compreensão tanto da origem do universo e do homem quanto do uso dessas técnicas em detrimento do desenvolvimento de novas tecnologias. Essas tecnologias controlam as sociedades a nível bélico, energético e medicinal dentre outros aspectos materiais. Portanto, esse destaque se dá não pela intelectualidade, mas pela racionalidade individualista de uma base social, sendo a forma que sua liberdade assume (MARCUSE, 1999).

Nesse caso, formamos homens livres, libertos em sua individualidade que está acorrentada nessa sociedade vigente. A epistemologia da prática profissional na docência na área de ensino de química é um instrumento que contribui para acorrentar os indivíduos a essa sociedade, estimulando categorias como competitividade e eficiência (SCALCON, 2008). Portanto, a partir desse ponto de vista, alimentamos uma sociedade extremamente individualista e consumista.

Assim, na tentativa de romper com essa racionalidade da sociedade industrial, foi proposta uma práxis no ensino de radioatividade com uma visita ao CRCN-CO, onde os alunos participaram de uma palestra sobre o tema. Então, por meio da relação histórica do acidente radiológico ocorrido no ano de 1987 na cidade de Goiânia, contribuiu-se à humanização desses discentes. Essa etapa iniciou-se com um vídeo (Figura 1) que abordou os benefícios energéticos no uso das fontes radioativas em termonucleares. O Brasil foi posicionado como a 6ª reserva mundial de urânio. Nesse início, percebe-se a prioridade ontológica da economia em relação aos domínios das técnicas de manipulação dos radioisótopos (LUKÁCS, 1979).

**Figura 1: Vídeo Inicial**



Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

A palestra foi ministrada pelo supervisor de radioproteção do CRCN-CO, que durante sua fala disse que na posse de uma tecnologia e na necessidade de conduzir a radiação que acelera as partículas ou de gerar ondas eletromagnéticas, ou seja, no domínio dessas operações, é importante entender sobre os perigos desses procedimentos. Isso possibilita a percepção da essência do discurso racional, cujo tratamento operacional nesse contexto, assume uma função política que mantém a harmonia ao invés do conflito (MARCUSE, 1967).

Assim, com o discurso racional sobre os cuidados ao se trabalhar com a radioatividade, o palestrante citou a reação em cadeia que ocorre no reator nuclear de uma usina termonuclear. Ele também ressaltou que a exposição aos materiais radioativos em um determinado tempo tem os seus efeitos à saúde proporcionais ao grau de contato do indivíduo.

Então, dessa relação aparente com a exposição à radiação pelos indivíduos, o palestrante mostrou um aparelho que mensura a radioatividade (Figura 2). Ele explicou que antes de usá-lo, é necessário realizar o *background* do ambiente, ou seja, detectar a radiação natural. Utilizando uma pedra, foi quantificada a sua radiação emitida. E, nesse momento, o aparelho soou e um aluno perguntou se estava protegido. O palestrante disse que a distância que ele estava da pedra o protegia.

**Figura 2: Demonstração de Dosagem da Radiação**



Fonte: acervo pessoal dos autores (2019).

A pergunta do aluno aproxima-o à racionalidade que integra o homem ao seu intelecto, o que gera uma sensação aparente de segurança devido à extrema confiança na ciência. Portanto, se o professor discute sem historicidade e contextualização sobre os fenômenos naturais e/ou artificiais, como a radioatividade, existe uma possibilidade de alienação na perspectiva da racionalidade tecnológica. Nesse caso, a técnica é um instrumento que pode ser utilizado tanto na promoção do autoritarismo quanto na promoção da liberdade (MARCUSE, 1999).

Essa discussão, no âmbito do corpo inorgânico (MARX, 2004), ou seja, da natureza e seus fenômenos usufruídos pelo homem, conduziu a apresentação dos três princípios que versam sobre a proteção dos indivíduos à radiação: o tempo, a distância e a blindagem. Nesse contexto, um aluno perguntou se os celulares são radioativos. Em resposta a esse questionamento, o palestrante disse que não, pois essas formas de radiações presentes nesses aparelhos são não-ionizantes. Isso instigou a curiosidade ingênua de um outro aluno, que perguntou se essas formas de radiações fazem mal. O palestrante respondeu que as radiações não-ionizantes não são nocivas ao homem.

Nesse episódio, verifica-se que os alunos tinham dificuldades em distinguir as formas de radiações existentes, ou seja, radiações ionizantes e não-ionizantes. Essas dificuldades são características do discurso que, se não abordadas no contexto histórico social da humanidade, por si só, leva a uma pseudoformação tendenciosa em generalizar as formas de manifestação da radioatividade (MAAR, 2003). Portanto, a ideia inicial e ingênua pauta-se de que toda classe de radiação é nociva.

O discurso, nesse caso, é tipicamente funcional e radicalmente anti-histórico, pois ocorre somente a sistematização do ensino sem observar a razão pela qual se instituiu o CRCN-CO. É válido ressaltar que, em uma análise do ensino de química de acordo com a epistemologia da prática profissional, não importa em que condições a radioatividade foi descoberta (SCALCON, 2008); o que importa é a razão operacional da radioatividade, a qual tem pouco lugar e uso restrito para a razão histórica. Essa operacionalização do ensino resulta numa racionalidade dos alunos caso o tema não seja debatido pelos professores de modo crítico em sala de aula (MARCUSE, 1999).

Em análise, inferiu-se elementos constituintes do aparato da racionalidade tecnológica a partir da questão 1 em questionário aos alunos: O acidente que ocorreu em Goiânia com o Césio-137 poderia ter sido evitado ou não? Racionalmente, todos os alunos confirmaram que o acidente poderia ter sido evitado. Portanto, foram destacadas as seguintes justificativas:

*A.18: “Sim. Poderia ter sido evitada se os catadores tivessem o conhecimento de que o objeto recolhido por eles oferecia perigo a sociedade.”*

*A.23: “Sim. Os responsáveis pelo material radioativo deveriam realizar o descarte em um local apropriado. A população, se fosse mais informada, não se submeteria risco tão grande, pois homens e mulheres desconheciam a radioatividade e os efeitos sobre o corpo humano.”*

*A.35: “Sim. Poderia ser evitado se as pessoas obtivessem mais conhecimentos sobre o que havia se tratado.”*

*A.36: “Sim. Com um conhecimento maior dos catadores de lixo que acharam o césio e uma responsabilidade maior do hospital, que simplesmente deixou a máquina em um local de fácil acesso, e que chamaria a atenção dos catadores para uma possível fonte de lucro.”*

*A.38: “Sim. Foi muita irresponsabilidade dos trabalhadores!”*

*A.45: “Sim. Se as pessoas não espalhassem o material e entregasse para as pessoas certas o acidente não teria acontecido. Porém, elas não tinham conhecimento suficiente para evitá-lo.”*

Portanto, as justificativas fornecidas pelos alunos sobre o modo de se evitar o acidente com o Césio-137, em Goiânia, transitam em uma defesa que deformam os defensores. Esses alunos não conseguiram distinguir a relação econômica com a relação que proporciona a população o acesso ao ensino que possibilita o conhecimento. Então, eles usaram uma linguagem que marginaliza ainda mais as pessoas pobres.

A linguagem opressora tem características no progresso técnico que criam formas de poder, as quais reconciliam as forças que se opõem, pois rejeitam toda forma de protesto cuja transformação social é contida pela sociedade contemporânea. A justificativa para esse fenômeno permeia o universo da locução cujos conceitos compreensíveis aos fatos perdem sua autenticidade linguística por meio das palavras que unem os opostos, sendo um confronto à crítica pela sociedade industrial. Logo, esses alunos são racionais, pois a consciência, verdadeira e falsa, tem significados. Assim, a prevenção do acidente radiológico, justificado no conhecimento, tem significado. O problema está em transitar do interesse imediato ao interesse real, ou seja, interpretar a situação de opressão que os catadores de sucatas e os acidentados viviam naquela época (MARCUSE, 1967).

Dentro de uma ação que promoveu a curiosidade ingênua, o palestrante trouxe novos elementos antagônicos quanto aos perigos da radiação. Ele disse que algumas pessoas falam que quando a radiação é pequena, ajuda a recuperar, ou seja, tem efeitos benéficos à saúde. Porém, não há nada comprovado, sugerindo assim uma certa ruptura da relação da cientificidade com o senso comum. Para ilustrar, o palestrante exemplificou uma situação ocorrida na Tchecoslováquia que um carrinho subterrâneo passava pelo gás Radônio (Rn), o qual, quando inspirado, exerceria efeito terapêutico medicinal para os pulmões.

A descrição desses eventos fomentou a curiosidade ingênua dos alunos inferida por meio de uma pergunta: “A exposição à radiação por muito tempo em locais onde tem pouca radiação é perigosa?” O palestrante respondeu com uma analogia de casos em Guarapari, cuja lama tem Tório (Th), o que leva a crer que a população deveria ter mais casos de câncer; contudo, quando há pesquisas sobre esse fenômeno, os cidadãos dessa cidade não têm mais casos de câncer do que em outros locais. Assim, percebe-se a curiosidade ingênua dos alunos se transformando em curiosidade epistemológica (FREIRE, 2011).

## A Racionalidade do Armazenamento dos Rejeitos Radioativos

A sociedade se encontra em um período no qual os indivíduos estão imersos na racionalidade tecnológica com uma conseqüente padronização do pensamento (MARCUSE, 1999). Assim, todas as pessoas tendem a comportarem-se iguais e, assim, essa padronização de pensamento refletida no trabalho docente, ao ensinar química por meio de uma sistematização dos conteúdos sem práxis à crítica da teoria, tende a resultar em seres sociais acríticos (SCALCON, 2008).

Portanto, o comportamento da racionalidade tecnológica existe na sociedade e, conseqüentemente, no ambiente escolar, por isso, se faz necessária à sua detecção por meio da codificação que permitirá sua posterior descodificação. A codificação permeia o entendimento sobre a radioatividade de modo empírico em relação aos seus conceitos, enquanto a descodificação permeia o mundo das relações humanas no uso das tecnologias que englobam a radioatividade. Esse movimento da codificação e descodificação no processo de ensino e aprendizagem possibilita uma natureza crítica do ensino de química em si (FREIRE, 2013).

Por isso, durante a visita ao local onde estão armazenados os rejeitos do acidente radioativo com o Césio-137, dentro do complexo do CRCN-CO, foi analisada a seguinte discussão entre os alunos e uma funcionária que acompanhava a visita:

*A.1: “O que tem ali, o que reveste para proteger para que a radiação não saia daquele trem (referindo-se ao reservatório dos rejeitos radioativos) e daquele outro (referindo-se ao segundo reservatório dos rejeitos radioativos decorrentes do acidente com o Césio-137)?” (Figura 3).*

*Funcionária: “Ela é feita com uma base de concreto grossa, e depois foi colocada os contêineres em cima, e depois foi colocado concreto, e depois argila e depois grama”.*

*A.1: “E concreta dentro dos contêineres?”*

*Funcionária: “Não, primeiro concretou os contêineres para depois colocá-los lá dentro (reservatório dos rejeitos radioativos)”.*

*A.1: “Ah!”*

*Funcionária: “Quando eles foram concretar...”*

*A.1: “...e o peso, né!”*

*Funcionária: “...imagina o peso, foram os guindastes que colocaram todos ali dentro (a funcionária apontou para um dos reservatórios, onde estão armazenados os rejeitos radioativos)”.*

*A.2: “Faz quanto tempo?”*

*Funcionária: “Foi em 1987, foi dia 19 de dezembro, foi o último colocado, a última grama ali, então aconteceu o acidente em setembro, aí eles ficaram um tempo lá, foram...”*

*A.2: “enquanto num estava pronto o aterro, aonde que ficava?”*

*Funcionária: “Eles ficaram, os contêineres ficaram concretados, numa parte de concreto que está até ali, se vocês quiserem passar com o ônibus, a gente pode até ir ali ver, uma parte está lá, eles concretaram”.*

*A.2: “Mas, tampado?”*

*Funcionária: “Não eles ficavam abertos, até fazer aqui ali (a funcionária apontou com o seu dedo o local dos reservatórios dos rejeitos do acidente radiológico), que ficou pronto, aí eles colocaram aqui”. (Figura 4)*

*A.2: “emitiu sons, de entendimento”.*

**Figura 3: Modelo de Contêineres**



Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

**Figura 4: Reservatório que Armazena a Fonte Radioativa**



Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

Portanto, ao analisar essa discussão por meio de um diálogo entre os alunos, A.1 e A.2 e a funcionária, pode-se denotar uma curiosidade ingênua em relação ao armazenamento dos rejeitos do acidente radiológico, e como foi realizada toda essa operação, através de um discurso racional (MARCUSE, 1967). Essa curiosidade ingênua despertada pelos alunos permitiu a revelação que os contêineres ficaram abertos ao chegarem a Abadia, vindos de Goiânia, ou seja, expostos até serem levados ao reservatório definitivo.

Nesse contexto, ocorreu uma racionalidade projetada sobre as circunstâncias de um acidente que envolveram várias pessoas marginalizadas socialmente. Há o discurso racional de uma educação que previna novas formas de acidentes. Com isso, a finalidade está pautada na eficiência que atende ao modelo do capital vigente. Portanto, percebe-se uma relação aparente do poder social, pois ocorre a sistematização dos fatos e aspectos do acidente, que de certo modo tem a finalidade de adaptar os indivíduos sem reservas a esse episódio. Essa forma de educação compõe o aparato que mecaniza e padroniza os efeitos de acidente, como o ocorrido em Goiânia. Esse aparato é racional, combinando eficiência com a conveniência, adaptando todos os meios a um fim. Dessa forma, não existe autonomia no aparato da racionalidade, pois, sabendo que existe uma relação ontológica entre a natureza e a sociedade, há uma grave deficiência ao se ensinar as propriedades da natureza e suas transformações sem o porquê social episódico (MARCUSE, 1999).

Contudo, o distanciamento da devida historicidade sobre o acidente radiológico faz parte do aparato racional. Nessa perspectiva, o que importa nesse sistema é a eficiência a partir de uma mecanização de informações que convergem num discurso conciliador entre o acidente e a intervenção do Estado. Portanto, ao analisar algumas respostas do questionário ao item da questão 2 (*Qual a importância do controle ambiental no armazenamento dos*

rejeitos radioativos pela CNEN?), percebe-se um apassivamento no discurso dos alunos por meio das seguintes respostas:

A.19: “Garantir uma certa segurança à sociedade, em relação a acidentes que poderiam acontecer se não fossem recolhidos de maneira adequada”.

A.23: “Previne acidentes similares ao de Goiânia. Preserva a natureza e protege as matérias-primas essenciais para a sobrevivência do homem”.

A.24: “A população fica protegida das radiações e os riscos são anulados”.

A.36: “O controle feito pelo CNEN é de fundamental importância, onde os rejeitos foram colocados em um local seguro e com controle feito diariamente, o que evita que o Césio-137, contido nos rejeitos, possa vir se espalhar e causar mais estragos que já causou”.

A.38: “De forma apropriada, evita-se muitos acidentes, ambientais e políticos”.

A.42: “Não expor a população à radiação e destinar corretamente o rejeito”.

A.45: “É preciso muito cuidado com o meio ambiente e com o armazenamento de rejeitos radioativos para que não haja uma contaminação”.

O aluno A.19 retrata que a sociedade, de certo modo, está segura com a presença do CNEN em relação a futuros acidentes que possam acontecer por meio de um discurso que pode ser classificado como *owelliano*, pois o apassivamento dos indivíduos, consequência da prática de um ensino tradicional, leva à imposição pacífica das relações sociais, com consequente opressão às classes desfavorecidas economicamente (MARCUSE, 1967). Os alunos, conseqüentemente, ficam sem uma perspectiva crítica de conseguir romper com o sistema vigente e passam a se adaptar a partir de uma racionalidade da seleção natural. Portanto, o poder não é mantido a força, pois o povo foi treinado a identificar suas crenças e lealdade com as organizações, cujas relações entre os homens são cada vez mais mediadas pelo processo de máquinas (MARCUSE, 1999).

Sendo assim, esse apassivamento do indivíduo pode ser interpretado nas respostas dos alunos A19, A23, A24, A38 e A 36 em expressões do tipo: “[...] *segurança à sociedade; sobrevivência do homem; a população fica protegida; evita-se muitos acidentes; não expor a população à radiação; e cuidado com o meio ambiente; [...]*” são termos que destacam o conformismo racional proveniente de um sistema de dominação que opera na elaboração das técnicas. Esse comportamento linguístico no ensino de radioatividade nos moldes tradicionais, no qual se discute apenas as técnicas sem a contextualização histórica, tende a bloquear o desenvolvimento conceitual, pois ele é limitante quanto à abstração e à mediação, porque o aluno detém apenas os conceitos operacionais que o levam ao hábito de pensar na expressão de aparência, cuja realidade tende a desaparecer sem explodir o sistema social. Com isso, os alunos se sentem protegidos e se rendem aos fatos imediatos que repelem o reconhecimento dos fatores que estão por trás dos fatos, bem como o conteúdo histórico destes (MARCUSE, 1999).

Deixamos, contudo, de ser sujeitos nesse modelo de sociedade que se submete aos objetos, ou seja, às tecnologias em uma profunda alienação. Logo, o poder de transformação do mundo fica nas mãos da classe dominante, que se protege a partir de uma linguagem que impede o pensar, reconciliando os opostos no universo da locução (MARCUSE, 1967).

O aluno A.24 descreveu que o armazenamento dos rejeitos radioativos pelo CRCN-CO “[...] *não expõe a população à radiação*”. Portanto, sua resposta tem elementos do pensamento científico no aspecto da teoria tradicional, pois entende suas verdades como correspondência ao real, e isso se impõe como critério de validade para todas as áreas do conhecimento (CARVALHO, 2010).

Entretanto, para desconstruir essa racionalidade que permeia o ensino de ciências da natureza, a teoria exige práxis pelo trabalho docente, sendo necessário repensar esse trabalho a partir de uma relação ontológica entre natureza e a sociedade. As categorias e as leis da natureza tanto orgânica quanto inorgânica apresentam, nesse contexto, sentidos de

modificação fundamental em sua essência constituindo a base das categorias sociais (LUKÁCS, 1979).

Contudo, temos uma visão crítica de alguns alunos que não ignoraram a historicidade, como o A.36. Ele descreve que:

*A.36: “[...] os rejeitos foram colocados em um local seguro e com controle feito diariamente, o que evita que o Césio-137, contido nos rejeitos, possa vir se espalhar e causar mais estragos que já causou”.*

Então, temos aspectos que renunciam o uso da teoria tradicional, cujo conhecimento foi construído por meio de construções ou analogias explicativas, ao destacar o armazenamento dos rejeitos radioativos como forma de evitar mais estragos que já foram causados (CARVALHO, 2010).

Portanto, não se pode afirmar que o mundo é racional e técnico, mas sim que ele está assim, e necessitamos reduzir os danos existentes entre as relações sociais. O acidente do Césio-137 foi um episódio histórico que não pode ser esquecido e repetido, por isso há a necessidade da devida historicidade para modificar as relações entre objeto e sujeito. Dessa forma, professores e alunos assumem-se no papel de sujeitos transformadores do mundo, não sendo seres com uma racionalidade enraizada no coletivismo da individualidade de uma classe dominante (MARCUSE, 1967). Logo, a classe docente tem o desafio de emergir dessa situação e romper com a epistemologia da prática, avançando para um pensar crítico no ensino de radioatividade (SCALCON, 2008).

### **A virada Ontológica no Ensino de Radioatividade**

Os alunos da segunda escola que fez parte deste estudo foram convidados a visitar o CRCN-CO visando uma educação como prática da liberdade. Então, foram desafiados a dramaticidade da situação atual via problematização das causas que geraram os rejeitos radioativos armazenados. Isso, com o pressuposto da humanização a partir da historicidade (FREIRE, 2013).

Assim, na observação direta realizada durante a palestra foi registrada a participação dos alunos indagando o palestrante sobre qual radiação o Césio-137 emitia, entre outros. Naquele momento, a essência do diálogo estava instaurada, pois o palestrante, sempre seguro, conseguia comunicar-se com os alunos mantendo uma dialogicidade. Isso posto, o diálogo foi uma exigência existencial que proporcionou discussão e reflexão, e não um ato de depositar ideias (FREIRE, 2013).

Tanto nas aulas, em sala de aula, quanto na palestra no CRCN-CO, foi discutida com os alunos uma realidade concreta associada ao conteúdo de radioatividade e à realidade agressiva em que o acidente radiológico se concretizou em Goiânia. Nesse sentido, sobre os conceitos de radiação adquiridos por meio da visita ao CRCN-GO, os alunos foram questionados sobre o tipo de radiação emitida pelo Césio-137 (questão 3). Três alunos responderam que a radiação emitida pelo Césio-137 é a gama, enquanto a maioria marcou a radiação beta.

É importante destacar que o elemento químico Césio-137 é um beta emissor. Porém, enquanto ele não sofre decaimento radioativo, ocorre a emissão de radiação gama devido seu núcleo ser muito grande e instável. Logo, esse fenômeno foi o responsável pelas consequências desastrosas ocasionadas pelo acidente radiológico. Portanto, considerou-se que todos os alunos acertaram a questão 3.

Na questão 4, quase todos alunos responderam corretamente, destacando que a CNEN, significa Comissão Nacional de Energia Nuclear, apenas 1 aluno respondeu como Comissão Nacional de Energia Elétrica. Porém, não se pode deixar de levar em consideração que essas respostas foram realizadas por meio de aparelhos do tipo *smartphone* e que eles têm corretores de textos que podem interferir nos dados a serem coletados.

Na questão 5, foi questionado se, de alguma forma, a visita ao CRCN-GO contribuiu ou não com seu aprendizado. Todas as respostas foram positivas. Entre as respostas que demonstraram uma reflexão crítica, temos do aluno A.5, que se torna um sujeito intérprete, já que este produziu sentidos ao ensino de radioatividade a partir da historicidade, com elementos de uma linguagem ambiental no ensino de química (CARVALHO, 2010).

A.5: *“Foi uma visita muito esclarecedora, não só no que se refere ao acidente com o Césio-137 em Goiânia, mas em relação à radioatividade em geral, visto que temas muito importantes, como seu uso no dia-a-dia e sua grande importância no desenvolvimento do país e do mundo, foram abordados e explicados - com paciência e coerência”.*

Assim, segundo o aluno A.5, a visita esclareceu sobre o acidente e sobre a radioatividade responsável pelo desenvolvimento do país, temas explicados com coerência e paciência. Logo, a linguagem nessa etapa educativa possibilita a significação da radioatividade por meio da dialogicidade e interpretação. Nesse sentido, a ação humana orientou-se numa razão interpretativa sobre a radioatividade por meio de enigmas conflituosos como o acidente radiológico, convergindo no ato de interpretar o uso da radioatividade no desenvolvimento do mundo. Então, os sujeitos e os sentidos do mundo se constituem na dialética de compreensão e interpretação (CARVALHO, 2010).

Na resposta do aluno A.18, há elementos incorporadores de um saber ambiental no ensino de radioatividade, pois o entendimento sobre a radiação permeado pela historicidade do acidente radiológico possibilita despertar uma consciência ambiental, esta responsável por promover o pensamento crítico para a construção de uma racionalidade ambiental sobre o uso das tecnologias perante a sociedade. Tal perspectiva promove o pensamento crítico para a construção de uma racionalidade ambiental que pode evitar novos acidentes radiológicos. Isso possibilita a promoção de uma qualidade de vida de acordo com a concepção correta do uso da radioatividade (LEFF, 2011).

A.18: *“[...] é importante entender sobre radiação para ter uma concepção correta a seu respeito e poder evitar possíveis novos acidentes radiológicos”.*

Acresce também que o aluno A.8 descreveu em referência ao acidente radiológico que: *“[...] me chamou atenção pelo fato que apenas um aparelho poderia fazer tal estrago”.* Nessa resposta, verifica-se elementos do despertar do pensamento crítico sobre a EA, no que fiz respeito à ênfase atribuída os danos ocasionados pelo Césio-137, tanto ambientais quanto sociais. Assim, o pensamento crítico permite ao sujeito desvelar a ação que resulta na degradação da própria sociedade vigente (GUIMARÃES, 2006).

Já o aluno A.6 descreveu: *“gostei bastante da visita ao CNEN, pois gosto de ficar por dentro do que ocorreu no passado, ter a segurança que os rejeitos estão armazenados com segurança”.* Essa práxis do ensino de radioatividade aproximou o aluno A.6 do ensino de radioatividade por meio de uma EA interpretativa, pois não se ausenta a historicidade das questões ambientais envolvidas no acidente radiológico (CARVALHO, 2010).

Por fim, destaca-se que aluno A.17 descreveu: *“aprendi várias coisas sobre energia nuclear, sobre o acidente radiológico que aconteceu em Goiânia, sobre os aparelhos de medir radioatividade”.* Assim, a historicidade associada aos conteúdos de radioatividade por meio do acidente radiológico como tema gerador também contribuiu com a aprendizagem de fenômenos radioativos, pois permitiu descodificá-lo criticamente no mesmo movimento da consciência dos alunos (FREIRE, 2013).

Então, o entendimento sobre a episteme da radioatividade, associada com a devida historicidade e o seu uso na sociedade, permite descodificar uma consciência racionalizada na ideologia da sociedade cultural no ensino de química. Esse parecer possibilita o trânsito do interesse imediato, que é o domínio da tecnologia sobre a radioatividade, para o interesse real dos sujeitos por meio de uma consciência verdadeira. Logo, a teoria deve ser um ponto de vista histórico baseado nas aptidões da sociedade por meio das contradições tecnológicas (MARCUSE, 1967).

Portanto, o ensino de radioatividade na disciplina de química não pode ser voltado à produtividade destruidora das faculdades humanas por meio de um tecnicismo. A aprendizagem dessa tecnologia se faz necessária, porém sem perder forças subjetivas, cujos valores alternativos se tornam fatos quando transformados em realidade pela prática histórica (MARCUSE, 1967). Nesse contexto, é possível propor uma virada ontológica no ensino de radioatividade (LUKÁCS, 1979).

Assim, foi possível problematizar os danos ao meio ambiente ocasionados pela radioatividade. Então, iniciou-se um processo de descodificação por meio da situação problema, ocasionada pelo descarte inadequado desses objetos no meio ambiente. Portanto, essa etapa não consistiu em adestramento ambiental sobre o comportamento dos alunos (GUIMARÃES, 2006). A questão explorada aqui foi a apropriação do conhecimento de modo dialógico, pelos alunos, à sua assunção em um pensar certo sobre a radioatividade (FREIRE, 2011).

## CONSIDERAÇÃO FINAIS

É importante que os professores de química da educação básica sejam sujeitos de transformação dos indivíduos. No entanto, para isso é necessário que conheçam para além da natureza com suas características, físicas, químicas e biológicas. Nesse contexto, também deve-se conhecer as relações humanas inerentes a esse processo. Com isso, pode-se ter uma maior possibilidade à formação de pessoas críticas, capazes de atuar nas situações adversas.

Portanto, as visitas ao CRCN-CO realizadas pelas escolas demonstraram resultados importantes à formação de pessoas para um despertar crítico no ensino de radioatividade, pois essas instituições tiveram uma experiência epistemológica no ensino de radioatividade, o que resultou em pensamentos nos quais a subjetividade humana estava em segundo plano, ou seja, apenas o discurso racional. Tal constatação, para o professor, é um choque de realidade, porque todo o trabalho executado levou a uma aprendizagem, porém, a análise crítica e subjetiva da relação entre a sociedade e a radioatividade se tornou frágil.

A visita ao CRCN-CO também permitiu, além do ensino da radioatividade, uma virada ontológica do ser, porque a subjetividade crítica dos alunos foi despertada por meio de um trabalho que quebrou o silêncio entre o ensino de radioatividade e as causas originárias do acidente radiológico ocorrido em Goiânia no ano de 1987. Sendo assim, o trabalho docente permitiu reabrir os sentidos históricos que possibilitaram a superação da inanição de sentidos por meio da recriação dos sentidos existenciais.

A escola em si não é um órgão democrático, pois tem perpetuado a manutenção da ordem atual, porém, a proposta como ensino revolucionário tem que ir além dos métodos novos e tradicionais. Assim, o professor não deve renunciar à iniciativa de transmitir os seus conhecimentos, favorecendo o diálogo entre os múltiplos sujeitos, além de não deixar de dialogar com a cultura histórica acumulada.

Nesse sentido, a prática pedagógica no ensino de radioatividade pode ser instrumento de libertação, de modo que os sujeitos transitem da ingenuidade à criticidade, superando assim a pseudoformação. Por isso, a educação é uma das grandes possibilidades para a ruptura com uma racionalidade que individualiza e paralisa o indivíduo criticamente. O homem tem que se libertar da dominação de outros homens e não se sujeitar a um mundo de adaptação e conformismo. Porém, o movimento revolucionário de libertação não ocorre de forma isolada, já que os homens necessitam de outros homens para enxergarem a verdade no falso discurso que impera sob a racionalidade econômica, a qual está enraizada nos livros didáticos de química.

Ademais, escola pode ser uma das ferramentas que forma o indivíduo para o mundo do trabalho. Entretanto, se faz necessário o pensamento crítico nesse ambiente, pois a racionalidade econômica mantém a base de uma sociedade dividida em classes. Essas

classes não se confrontam devido ao universo da locução instalado como aparato de manutenção do poder pela classe dominante que se aprende na escola. Assim, de maneira inconsciente, o professor de química contribui para a formação de sujeitos acríticos e a-históricos no discurso das ciências da natureza e suas tecnologias.

A proposta pedagógica baseada na temática de rejeitos radioativos possibilita a aprendizagem dos conceitos de química a partir da perspectiva de uma EA crítica. Então, esse ensino forma indivíduos na condição de sujeitos por meio do diálogo que permite reduzir as barreiras opressoras entre alunos e professores. Dessa forma, em práticas concretas como a visita ao CRCN-CO, os professores e os alunos dialogam e se constroem no despertar crítico. Portanto, essa práxis de ensino de química é alternativa para o aperfeiçoamento dos trabalhos de radioatividade e EA crítica nas escolas.

Dessa maneira, o ensino de química não pode ser aparato de adaptação dos indivíduos para viverem em uma sociedade a partir de uma pseudoformação. A formação deve ser plena, pois o educador, além de dominar conhecimentos específicos, tem que articulá-los de modo a subsidiar conhecimentos. Esses conhecimentos têm que ser trabalhados de forma crítica para que os alunos sejam autônomos e conscientes do mundo em que vivem. Portanto, o grande desafio do professor de química é transcender os paradigmas da sociedade moderna e relacionar as categorias linguísticas com as ontológicas. Essa concepção possibilita a superação do universo da locução e a epistemologia da prática profissional.

## REFERÊNCIAS

- ADORNO, Theodor W.; HORKHEIMER, Max. **Dialética do Esclarecimento**: fragmentos filosóficos. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1985.
- BENJAMIN, Walter; HORKHEIMER, Max; ADORNO, Theodor W.; HABERMAS, Jurgen. **Textos Escolhidos**. São Paulo: Abril Cultura, 1983.
- BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari K. **Investigação Qualitativa em Educação**: Uma introdução à teoria e aos métodos. Porto, Portugal: Porto Editora, 2013.
- CARVALHO, Isabel C. M. Os Sentidos de "Ambiental": a contribuição da hermenêutica à pedagogia da complexidade. In: LEFF, Enrique. **A Complexidade Ambiental**. São Paulo: Cortez, 2010.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2011.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 2013.
- FREITAS, Marcílio; FREITAS, Marilene C. S. **A Sustentabilidade como Paradigma**: cultura, ciência e cidadania. Petrópolis (RJ): Vozes, 2016.
- GIANNOTTI, José A. **Os Pensadores, Auguste Comte**. São Paulo: Abril Cultura, 1978.
- GUIMARÃES, Mauro. Armadilha Paradigmática na Educação Ambiental. In: LAYRARGUES, Philippe P.; CASTRO, Ronaldo S.; LOUREIRO, Carlos F. B. **Pensamento Complexo, Dialética e Educação Ambiental**. São Paulo: Cortez, 2006.
- LEFF, Enrique. **Saber Ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis (RJ): Vozes, 2011.
- LUKÁCS, Gyorgy. **Os Princípios Ontológicos Fundamentais de Marx**. São Paulo: Livraria e editora Ciências Humanas, 1979.
- MAAR, Wolfgang L. Adorno, Semiformação e Educação. **Educação & Sociedade: Revista de Ciências da Educação**, Campinas, v. 24, n. 83, p. 459-475, 2003
- MARCUSE, Herbert. **A Ideologia da Sociedade Industrial**. Rio de Janeiro: Zahar editores, 1967.

- MARCUSE, Herbert. **Tecnologia, Guerra e Fascismo**. São Paulo: Editora Unesp, 1999.
- MARX, Karl. **Manuscritos Econômico-Filosóficos**. São Paulo: Boi tempo editorial, 2004.
- NOBRE, Marcos. **A Teoria Crítica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.
- RUSCHEINSKY, Aloísio; TRISTÃO, Martha. A Educação Ambiental na Transição Paradigmática e os Contextos Formativos. In: RUSCHEINSKY, Aloísio. **Educação Ambiental: abordagens múltiplas**. Porto Alegre: Editora Penso, 2012. p. 289-312.
- SCALCON, Suze. O pragmatismo e o Trabalho Docente Profissionalizado. **Perspectiva**, n. 26, n. 2, p. 489-521, 2008.
- TRISTÃO, Martha. As Dimensões e os Desafios da Educação Ambiental na Contemporaneidade. In: RUSCHEINSKY, Aloísio. **Educação Ambiental: Abordagens múltiplas**. Porto Alegre: Editora Penso, 2012. p. 234-249.