

Sentidos produzidos por alunos do ciclo básico sobre radiações ionizantes a partir da leitura de textos de divulgação científica

Meanings produced by students of the basic cycle on Ionizing Radiation from reading scientific divulgation texts

Rafael Gombrade^{1*}, Leandro Londero¹

¹Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rua Cristóvão Colombo 2265 - Jardim Nazareth - CEP 15054-000 - São José do Rio Preto, SP, Brasil.

*E-mail: rafael.gombrade@unesp.br

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

Resumo

Objetivamos compreender os sentidos atribuídos por alunos do ciclo básico brasileiro acerca das Radiações Ionizantes. Para tanto, elaboramos e aplicamos uma unidade de ensino, composta de um conjunto de dez aulas, em turmas de 3º ano do Ensino Médio. No presente trabalho, relatamos os resultados obtidos das respostas dadas pelos alunos à três questões. Para a análise, levamos em consideração os aportes teóricos da Análise de Discurso de linha Francesa. As análises indicaram ser de extrema importância trabalhar conceitos da física das radiações ionizantes na escola básica, uma vez que a unidade de ensino auxiliou no aprendizado de conceitos que não costumam ser explorados ou mesmo mencionados durante o ciclo básico. Os resultados sugerem que o tema seja discutido na formação inicial e continuada de professores, para que eles se sintam seguros para discutirem conceitos pertencentes ao âmbito das radiações ionizantes.

Palavras chave: Radiações ionizantes; Análise de discurso; Ensino de física.

Abstract

We aim to understand the meanings attributed by students of the basic Brazilian cycle about Ionizing Radiations. Therefore, we designed and applied a teaching unit, consisting of a set of ten classes, in classes of the 3rd year of high school. In the present work, we report the results obtained from the answers given by the students to the three questions. For the analysis, we take into account the theoretical contributions of the French Discourse Analysis. The analyzes indicated that it is extremely important to work on concepts of the physics of ionizing radiation in the basic school, since the teaching unit helped in the learning of concepts that are not usually explored or even mentioned during the basic cycle. The results suggest that the topic is discussed in the initial and continuing training of teachers, so that they feel safe to discuss concepts belonging to the scope of ionizing radiation.

Keywords: Ionizing Radiation; Discourse Analysis; Physics Teaching.

I. INTRODUÇÃO

Ao fim do século XIX, surgiram fenômenos que estremeceram as bases da ciência até então conhecida. Com o advento do elétron, da radiação X e da radioatividade, os cientistas imediatamente devotaram imensos esforços para

compreendê-los. Como a Física Clássica não conseguia responder as questões que esses eventos suscitavam, um novo campo da física passou a ser construído: a Física das Radiações.

Se pensarmos nos conhecimentos adquiridos pelos estudantes do ciclo básico a respeito das radiações, encontraremos que eles são apresentados sem nenhum embasamento científico adequado e com avaliações errôneas acerca do tema, uma vez que as informações obtidas pelos alunos, na maioria das vezes advém de meios de comunicação diversos, tais como reportagens jornalísticas e filmes.

Nossa experiência, como professores e pesquisadores, que atuam em cursos de formação continuada junto a professores de escolas públicas brasileiras, mostra que esse assunto é pouco discutido na escola básica, mesmo presente nas recomendações educacionais do Brasil. Ao menos quatro justificativas podem ser levantados para essa ausência nas aulas de física do Ensino Médio: (1) falta de segurança para abordar o tema; (2) ausência desse tópico na estrutura curricular dos cursos de graduação; (3) tempo insuficiente para abordá-lo; e (4) falta de materiais didáticos apropriados. Dessa maneira, nosso objetivo foi o de compreender os sentidos atribuídos por alunos do ciclo básico brasileiro acerca das Radiações Ionizantes, a partir de aulas que continham leitura de textos de divulgação científica (TDC).

Zamboni (1997) expõe que a divulgação científica é capaz de assegurar a difusão de conhecimentos relacionados ao campo da ciência, por meio de uma reformulação discursiva na qual se destaca a mediação da linguagem.

Carli (1988) enumera seis possibilidades para o uso de TDC em sala de aula, a partir dos objetivos pretendidos, sem, no entanto, especificar as maneiras para a sua realização concreta:

- 1) Motivar os alunos para o estudo de um tema pouco interessante;
- 2) Mudar o comportamento em relação à aprendizagem de ciências;
- 3) Compreender os mecanismos de funcionamento e de produção do conhecimento científico;
- 4) Ilustrar o conteúdo formal;
- 5) Atualizar conhecimentos em ciência e;
- 6) Avaliar socialmente a ciência.

Assim, os conhecimentos formais podem interagir com as informações fornecidas pelos diferentes canais de divulgação, com benefícios para o aprendizado do aluno. Nesse caso, o material de divulgação científica pode se revelar tanto como elemento desencadeador do conhecimento formal quanto como complemento ao próprio conhecimento adquirido de forma tradicional.

Cabe ressaltar a possibilidade de argumentar socialmente sobre a ciência a partir da utilização do material de divulgação científica em sala de aula. As implicações das informações veiculadas nos meios de comunicação é intensa e, ainda assim, quase nunca as pessoas questionam a sua veracidade e tampouco refletem sobre as possíveis consequências e os impactos das informações em suas vidas. Ao detectar estes pontos, aulas preparadas com TDC podem proporcionar situações ricas de novos significados como: debater notícias, verificar sua veracidade e discutir criticamente sua relevância social.

II. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Nosso estudo faz parte de um estudo mais amplo no qual investigamos os sentidos atribuídos por alunos do ciclo básico brasileiro acerca das Radiações Ionizantes, a partir da leitura de textos de divulgação científica (TDC). Os dados apresentados no presente trabalho dizem respeito aqueles coletados na última aula, de um total de dez, e que fazem parte da dissertação de mestrado do primeiro autor. Anteriormente, elaboramos e aplicamos uma Unidade de Ensino (UE) para alunos do terceiro ano do Ensino Médio com o intuito de propiciar conhecimento acerca dos conteúdos da Física das Radiações Ionizantes. O conjunto das aulas, bem como os objetivos e os textos utilizados encontram-se dispostos no quadro I:

QUADRO I. Síntese das atividades desenvolvidas na UE. Fonte: Próprio autor

Número da Aula	Objetivo	Texto utilizado
01	Apresentar os conceitos fundamentais das radiações e da radioatividade	-----
02	Partículas alfa, beta e gama	Damásio, F.; Tavares, A. (2010). Perdendo o medo da radioatividade: pelo menos o medo de entendê-la. Autores Associados. São Paulo: Brasil.
03	História da radioatividade–Röntgen e os raios X	Martins, R. A. Becquerel e a descoberta da radioatividade – uma análise crítica. Campina Grande: EDUEPB/Livraria da Física, 2012.

Número da Aula	Objetivo	Texto utilizado
04	História da radioatividade – Becquerel e a radioatividade	Strathern, P. (2000). Curie e a radioatividade em 90 minutos. Zahar. Rio de Janeiro: Brasil
05	História da radioatividade–Marie e Pierre Curie.	Strathern, P. (2000). Curie e a radioatividade em 90 minutos. Zahar. Rio de Janeiro: Brasil
06	Usinas Nucleares	Damásio, F.; Tavares, A. (2010). Perdendo o medo da radioatividade: pelo menos o medo de entendê-la. Autores Associados. São Paulo: Brasil
07	Lixo radioativo	Helene, M. E. M. (1996). A radioatividade e o lixo nuclear. Scipione. São Paulo: Brasil
08	Bomba atômica – Projeto Trinity	Fetter-Vorm, J.; Trinity: a história em quadrinhos da primeira bomba atômica, Três Estrelas: São Paulo, 2013.
09	O acidente de Chernobyl e Goiânia	-----
10	Aplicações radiações (medicina, agricultura)	-----

O desenvolvimento da UE se deu a partir da proposta de abordar a Física das Radiações Ionizantes por meio da leitura de textos de divulgação científica (TDC), uma vez que muitas produções como as de Brugliato (2016); Plotz e Hopf (2016), Coelho da Silva (2013); Neumann e Hopf (2012); Rego e Peralta (2006); Alsop (2001); Eijkelhof e Millar (1998) para a importância da inserção da Física das Radiações no Ensino básico. Na décima e última aula, relembremos os aspectos positivos do uso das radiações ionizantes (tomografias, exames de raio X, energia etc.), vistos anteriormente. Em seguida, solicitamos aos alunos que respondessem uma questão sobre as aplicações das radiações. A pergunta feita foi: O Fato de um produto ser cientificamente comprovado interfere na sua decisão de compra?

Em seguida, entregamos um texto no qual se apresentavam aplicações das Radiações Ionizantes, com o intuito de serem potencializados aspectos positivos acerca das radiações ionizantes. A partir dessa leitura, os alunos foram informados que deveriam responder à seguinte questão: “Alguns alimentos estão sendo irradiados para sua maior conservação. Você acredita que este processo pode prejudicar a sua saúde?”

Após redigirem a resposta da pergunta anterior, foi solicitada a atividade final, que consistia em uma análise sobre quais conceitos, após um conjunto de dez aulas, eles tinham adquirido maior conhecimento e qual(is) eles não conheciam.

A. Referencial de análise: análise do discurso

Para a análise das respostas utilizamos o referencial analítico da Análise de Discurso da linha francesa (AD). A AD, segundo Orlandi (2010), se constitui de uma disciplina que envolve três campos do conhecimento: a linguística, a psicanálise e o marxismo. Dessa maneira, se estabelece como um dispositivo complexo e ao mesmo tempo completo. Complexo, pois engloba aspectos dessas três áreas; completo, pois acrescenta o caráter questionador a linguística que conjectura a linguagem, mas que ao mesmo tempo suprime o que é sócio-histórico. A AD questiona as ciências sociais na medida em que elas não ponderam a materialidade da linguagem em suas produções. A AD vai mostrar que a linguística e o sócio-histórico se concatenam de modo construtivo, caracterizando-se em uma nova área do conhecimento.

Segundo Orlandi (1994), a AD tem sua égide sustentada na reflexão que produz sobre o sujeito e o sentido, uma vez que considera que, ao significar, o sujeito se significa. Enquanto dispositivo analítico, a AD estabelece processos de significação que trabalham o texto, sendo possível compreender a maneira como o texto produz sentidos por meio de seus mecanismos de funcionamento. Ainda, de acordo com a autora,

A AD visa compreender como os objetos simbólicos produzem sentidos, analisando assim os próprios gestos de interpretação que ela considera como atos no domínio simbólico, pois eles intervêm no real do sentido. A AD não estaciona na interpretação, trabalha seus limites, seus mecanismos, como parte dos processos de significação. (Orlandi, 2001, p. 26)

A autora ainda destaca que não existe uma verdade oculta atrás do texto. O que existe, na verdade, são gestos de interpretação que constituem o discurso. Cabe ao analista, com seu dispositivo, a capacidade de compreensão desses gestos.

Um dos aspectos compreendidos na AD é a repetição. Segundo Orlandi (2001, p. 36), toda repetição remete a uma “mexida nas redes de filiação dos sentidos”, a qual só é concebível a partir de um já-dito. Dessa maneira, Orlandi (2007) distingue a repetição discursiva em três grupos:

- a) a repetição empírica, exercício mnemônico que não historiciza;
- b) a repetição formal, técnica de produzir frases, exercício gramatical que também não historiciza;

c) a repetição histórica, a que inscreve o dizer no repetível enquanto memória constitutiva, saber discursivo, em uma palavra: interdiscurso.

Assim, para a autora, pode-se concluir, de forma mais geral, que todo o discurso deriva de um preexistente, ou seja, todo discurso é repetição de outro produzido anteriormente. Não porque é o mesmo, mas por ser passível de interpretação.

Dentre os inúmeros participantes da nossa pesquisa, selecionamos algumas respostas que nos parecem mais significativas de serem apresentadas, tendo em vista o objetivo que aqui nos propomos a atender.

III. RESULTADOS

Quando confrontados com a questão *O Fato de um produto ser cientificamente comprovado interfere na sua decisão de compra?* todos os alunos afirmaram que o fato de um produto ser cientificamente testado faz toda diferença, como podemos observar nas respostas de Alice e Bruna:

Sim, pois é uma certificação de que o produto é de boa qualidade. (Alice)

Sim, pois traz confiança ao consumidor e a segurança de que foi testado em organismo semelhante com obtenção de sucesso. (Bruna)

As respostas das alunas reforçam o trabalho de Adinolfi (2007), segundo o qual a autora apresenta o cientista enquanto produtor de um determinado discurso científico, como um sujeito que fala de acordo com mecanismos e técnicas de determinação e produção da verdade científica, do dizível e não-dizível na formação discursiva da ciência, e é por esse processo de assujeitamento, que é autorizado a falar a partir da posição de cientista. Por consequência, os meios de comunicação apropriam-se desse discurso para garantir ao consumidor a tão aclamada frase “testado e comprovado cientificamente”.

Entretanto, de acordo com Orlandi (2001) a língua do cientista tem sua materialidade específica, não transparente, pois tanto o cientista quanto o discurso científico são, como os demais, heterogêneos em sua essência. Essa noção de um discurso único, dotado de objetividade e neutralidade, não passa de ilusão. Na visão de Adinolfi (2007),

Ao se constituir, o discurso científico apaga as marcas dos outros discursos possíveis e da historicidade na formação dos sentidos, onde vem a ilusão de universalidade. Ao fazê-lo, silencia a história, e aparece como um discurso já pronto, acabado, a-histórico, mediando a relação do cientista com o mundo através da linguagem, determinando os sentidos de sua fala, filiando-o a uma formação discursiva própria, caracterizando-o, interpelando-o enquanto sujeito assujeitado às regras dessa formação discursiva. (Adinolfi, 2007, p.8-9)

Quando perguntamos “Alguns alimentos estão sendo irradiados para sua maior conservação. Você acredita que este processo pode prejudicar a sua saúde?” obtivemos como respostas:

Não, pois pode-se eliminar pragas sem o uso de inseticidas muito prejudiciais a saúde humana, pode-se também conservar os alimentos por mais tempo, irradiando radiação gama, pode também matar bactérias evitando doenças provocadas quando ingeridas pelos humanos. (Alice)

Não, ela pode auxiliar no combate as pragas e bactérias prejudiciais ao corpo humano. (Bruna)

Não, somente produtos químicos fazem mal ao nosso organismo. Porém, de acordo com várias pesquisas a radiação não faz mal. (Miguel)

Depende, pois deve-se ter muitas pesquisas e muitos testes antes de ser usado. Se ele foi testado e comprovado que não é prejudicial a saúde, então ele é benéfico. (Rafaela)

Em suas respostas, Alice, Bruna e Miguel repetem o que leram de maneira um pouco diferenciada, alterando algumas frases, ou seja, dizendo a mesma coisa com palavras diferentes. É possível verificar esse fato ao analisarmos o seguinte trecho do texto trabalhado em sala:

A mesma técnica possibilita estudar o comportamento de insetos, como formigas e abelhas. No caso das formigas, permite, por exemplo, localizar o formigueiro e até as flores de sua preferência. O combate de pragas pode ser auxiliado com o uso destes isótopos radioativos. Por meio deles, podem-se conhecer quais são os predadores da praga, e então tais predadores serão utilizados para eliminá-la, evitando-se, assim, o uso de inseticidas muito prejudiciais a saúde humana. (Damásio e Tavares, 2010, p. 52) (Destaque nosso)

Também foram utilizados trechos do texto para se referirem ao benefício das radiações contra bactérias na seguinte frase: “A irradiação de alimentos também mata bactérias, como a *Escherichia coli*, *salmonela*, *estafilococos* e *Listeria*, evitando o risco de doenças que essas bactérias podem provocar quando ingeridas pelos humanos”. (Damásio; Tavares, 2010, p. 52) (Destaque nosso)

Por fim, na resposta de Miguel, encontramos o seguinte trecho utilizado para justificar sua resposta sobre não haver riscos à saúde humana quando da ingestão de alimentos irradiados:

Comer alimentos irradiados não causa nenhum tipo de prejuízo à nossa saúde. O órgão regulador de alimentos dos Estados Unidos (FDA) realizou mais de 400 estudos antes de aprovar a irradiação dos alimentos e concluiu que não oferecem risco algum aos humanos. (Miguel) (Destaque nosso)

Por outro lado, Rafaela apresenta em sua resposta traços o que Orlandi (2004) chama de repetição histórica, ou seja, nela ocorre o ato de interpretação, no qual a aluna exercita a sua memória constitutiva. A aluna historiciza seu dizer, trabalhando além das condições imediatas de produção com um discurso pré-concebido a partir de outras leituras, apresentando, dessa maneira, sua opinião no que diz respeito ao tratamento de alimentos com radiação.

Após redigirem a resposta da pergunta anterior, foi solicitada a atividade final, que consistia em uma análise sobre quais conceitos, após essas dez aulas, eles tinham adquirido maior conhecimento e qual(is) eles não conheciam. As respostas redigidas pelos alunos são reproduzidas a seguir:

Eu não sabia muita coisa sobre radiação e agora eu aprendi pelo menos um pouco. Aprendi que a exposição excessiva a radiação pode causar câncer; aprendi que existem aparelhos para que consigamos “ver” radioatividade, pois não podemos ver com nossos olhos; aprendi que o cézio-137 ainda continua perigoso aos seres humanos, pois ainda esta irradiando, uma vez que só perdeu metade de sua vida; aprendi sobre radiação α , β e γ . (Alice)

Houve um aprofundamento sobre o conhecimento geral da matéria radioativa, quais os cuidados necessários para as usinas nucleares e também que há benefícios que nós não conhecíamos, na área da saúde, nutrição, entre outros. Todos os conteúdos foram transmitidos de maneira dinâmica e criativa, despertando o interesse do aprendizado. (Bruna)

Nas 10 aulas eu percebi como a radiação influencia na nossa vida atual e que esta tem os benefícios e malefícios dependendo da sua condução, podendo causar momentos trágicos com as bombas atômicas ou por outro lado benefícios como o auxílio na produção de energia e na medicina. (Miguel)

Eu aprendi muita coisa durante essas 10 aulas, sobre alguns temas da radiação que eu não conhecia, como por exemplo, o funcionamento de uma bomba atômica e o espectro eletromagnético. Foi muito bom, pois eu tive a oportunidade de aprender mais sobre os conhecimentos da radiação. (Rafaela)

É importante destacar que cada aluno, a sua maneira destacou aspectos que considerou relevante na sua experiência de aprendizagem. Para Orlandi (2012), a textualidade está intimamente relacionada com os diferentes tipos de memória de cada autor, neste caso, de cada aluno. Para Alice, os aspectos mais relevantes foram os tipos de radiação (alfa, beta e gama), o acidente de Goiânia com o cézio-137, que por consequência trouxe outros conceitos abordados na mesma aula sobre os tipos de radiações: o conceito de meia-vida e a exposição contínua a radiação ionizante, embora a aluna não tenha conseguido expressar-se de maneira mais objetiva. A aluna destaca que é possível “ver” a radioatividade, provavelmente referindo-se ao contador Geiger, instrumento utilizado para aferir o nível de radioatividade de um objeto (que apareceu no vídeo da aula oito).

Para Bruna, os aspectos mais relevantes ficaram por conta da aula seis, na qual o tema “usinas nucleares” foi retomado em sua resposta, além das questões envolvendo os aspectos positivos na aula dez. Em nossa análise, consideramos interessante que se fez presente a temática da última aula, pois mostra que a aluna se apropriou das condições imediatas de produção para elaboração da sua resposta. Cabe aqui também destacar que ela recuperou em sua memória aspectos que considerou “dinâmicos” e “criativos” na didática do professor/pesquisador e que esses aspectos contribuíram para assegurar uma melhor prática de ensino-aprendizagem sobre a física das radiações.

Por sua vez, Miguel destaca as contribuições tanto positivas, como o emprego das radiações ionizantes na medicina (aspecto abordado na aula dez) ou o uso da radioatividade na geração de energia (abordado na aula seis), quanto negativas, como a produção das bombas atômicas. Em sua resposta, é possível enxergar que ele vê a ciência como algo imparcial e que dá ao homem a possibilidade nas escolhas em relação a seu uso. Miguel ainda destaca, com aparente surpresa, que o módulo auxiliou na percepção de como a radiação se faz presente na rotina das pessoas sem que muitas vezes percebamos que ela está ali, seja em exames médicos, na agricultura, na indústria, ou mesmo na luz solar.

Finalmente, para a aluna Rafaela o módulo auxiliou no aprendizado de conceitos que não foram explorados ou mesmo mencionados durante o ciclo básico (como o espectro eletromagnético, apresentado na primeira aula). Além

disso, a aluna destaca que considerou interessante saber de que maneira uma bomba atômica funciona, em vez de apenas mostrar seu poder de destruição.

As respostas apresentadas pelos alunos mostram que a formulação de questões abertas assegura a manifestação de posições ideológicas, reflexões, análises, impressões sobre cada tema, enfim, respostas que não estão limitadas ao habitual discurso pedagógico autoritário. Em suma: respostas que não procuram dizer apenas o que acreditam ser o esperado pelo professor, que não se prendem à imagem do professor como avaliador que julga simplesmente cada resposta como certa ou errada.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um primeiro aspecto que as análises realizadas parecem evidenciar é o de que a utilização de TDC e a formulação de questionários com questões abertas parecem possibilitar o surgimento de discussões não restritas aos assuntos relacionados exclusivamente à Física das Radiações Ionizantes, da mesma maneira que garantem a manifestação de posições ideológicas, reflexões, análises, enfim, respostas que não estão limitadas ao habitual discurso pedagógico autoritário, não se prendendo à imagem do professor enquanto atribuidor de notas. Nesse sentido, a observação de situações e de respostas desse tipo parece sugerir que as condições de produção imediatas das atividades sobre a Física das Radiações Ionizantes de alguma maneira minimizaram os efeitos do mecanismo de antecipação.

Vale a pena ressaltar um segundo aspecto, referente ao discurso dos alunos acerca da irradiação dos alimentos como maneira de mantê-los conservados. Dos quatro alunos, verificamos que três (Alice, Bruna e Miguel) se apropriaram do discurso apresentado no texto, reproduzindo o mesmo conteúdo, porém com outras palavras. Tal interpretação pode ser considerada como a apropriação das condições de produção imediata, uma vez que esses alunos podem ter se sentido mais confortáveis em produzir seus discursos a partir de uma fonte “confiável”, já que se tratava de um texto previamente selecionado pelo professor, o que pode ter conferido credibilidade a esses estudantes. Por outro lado, a aluna Rafaela faz uso de sua memória discursiva, na medida em que é capaz de formular e constituir seu discursivo além das condições de produções imediatas.

Ainda, foi possível extrair informações quanto à aplicação da UE a partir da segunda questão, na qual solicitamos aos alunos que apontassem os aspectos mais relevantes na sua experiência de aprendizagem acerca das radiações. Nessa questão, verificamos que houve uma convergência de preferência dos alunos por temas como acidentes radioativos e construção de bombas atômicas. Mesmo se tratando de temas delicados, muitas vezes abordados pela grande mídia, os alunos foram capazes de discorrer não apenas sobre os aspectos negativos associados as radiações, mas também relacionar os conteúdos abordados a partir desses eventos.

Finalmente, salientamos que a unidade de ensino foi considerada satisfatória, uma vez que, na última atividade solicitada aos alunos (recorte apresentado nesse trabalho), cada um deles apontou pelo menos um aspecto que considerou relevante na sua experiência de aprendizagem. Desse modo, entendemos que cada um desses alunos se apropriou, à sua maneira, das ideias e dos conceitos apresentados sobre a Física das Radiações Ionizantes.

Pensamos que nosso estudo poderá contribuir para a prática de professores que desejarem inserir discussões de Física das Radiações Ionizantes em suas aulas de Física.

REFERÊNCIAS

Adinolfi, V. T. S. (2007). Discurso científico, poder e verdade. *Revista Aulas*, (3), 1-10.

Alsop, S. (2001) Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study. *International Journal of Science Education*, 263-281.

Brugliato, E. T. (2016). A produção de sentidos sobre a bomba atômica em diferentes tipos de discursos. Faculdade de Educação, Dissertação de Mestrado em Educação, Unicamp, Campinas.

Coelho da Silva, A. (2013). Leitura sobre ressonância magnética nuclear em aulas de física do ensino médio. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação – Unicamp: Campinas.

Carli, E. B. (1988). *Jornalismo Científico e o ensino de ciências no Brasil: a utilização de notícias científicas no ensino de Biologia, Física e Química no 2º grau*. Dissertação de mestrado. São Bernardo do Campo, Instituto Metodista de Ensino Superior.

Damasio, F.; Tavares, A. (2010). *Perdendo o medo da radioatividade*. 1ed. Campinas: Autores Associados.

- Eijkelhof, H; Millar, R. (1988). Reading about Chernobyl: the public understanding of radiation and radioactivity. *School Science Review*, 35-41.
- Neumann, S; Hopf, M. (2012) Children's Drawings about "Radiation" – Before and After Fukushima. *Research in Science Education*, 43, 1535-1549.
- Orlandi, E. P. (1994). *Gestos de leitura*. Campinas: Editora Unicamp.
- Orlandi, E. P. (2001). *Análise de discurso: princípios & procedimentos*. Campinas: Pontes.
- Orlandi, E. P. (2004). *Interpretação: autoria, leituras e efeitos do trabalho simbólico*. 4. ed. Petrópolis: Vozes.
- Orlandi, E. P.; Lagazzi-rodrigues, S. (Org.). (2010). *Discurso e Textualidade*. Campinas: Pontes.
- Orlandi, E. P. (2007). *Autoria, leitura e efeitos do trabalho simbólico*. Campinas: Pontes.
- Plotz, T; Hopf, M. (2016). Two concepts of radiation. A case study investigating existing preconceptions. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4(4), 447-459.
- Rego, F; Peralta, L. (2006). Portuguese students' knowledge of radiation physics. *Physics Education*, 41(3), 259-262.
- Zamboni, L. M. S. (1997). *Heterogeneidade e subjetividade no discurso da divulgação científica*. Tese de Doutorado. Instituto de Estudos da Linguagem da Unicamp, Unicamp, Campinas.