



ANDRÉ COELHO DA SILVA

Dissertação de Mestrado

**LEITURA SOBRE RESSONÂNCIA
MAGNÉTICA NUCLEAR EM AULAS DE
FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

**CAMPINAS
2013**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



FACULDADE DE EDUCAÇÃO

ANDRÉ COELHO DA SILVA

LEITURA SOBRE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

Orientadora: Profa. Dra. Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Dissertação de Mestrado apresentada por André Coelho da Silva ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação na área de concentração Ensino e Práticas Culturais.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO ANDRÉ COELHO DA SILVA E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. MARIA JOSÉ PEREIRA MONTEIRO DE ALMEIDA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. J. P. Monteiro de Almeida', written over a horizontal line.

Assinatura do Orientador

CAMPINAS
2013

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Educação
Rosemary Passos - CRB 8/5751

Si38L Silva, André Coelho, 1989-
Leitura sobre ressonância magnética nuclear em aulas de física do ensino médio / André Coelho da Silva. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Maria José Pereira Monteiro de Almeida.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação.

1. Ressonância magnética. 2. Leitura. 3. Mediação. 4. Divulgação científica. 5. Ensino Médio. I. Almeida, Maria José P. M. de (Maria José Pereira Monteiro de), 1944-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Reading about nuclear magnetic resonance in high school physics classes

Palavras-chave em inglês:

Magnetic resonance

Reading

Mediation

Scientific divulgence

High School

Área de concentração: Ensino e Práticas Culturais

Titulação: Mestre em Educação

Banca examinadora:

Maria José Pereira Monteiro de Almeida [Orientador]

Pedro da Cunha Pinto Neto

Rejane Aurora Mion

Data de defesa: 31-07-2013

Programa de Pós-Graduação: Educação



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

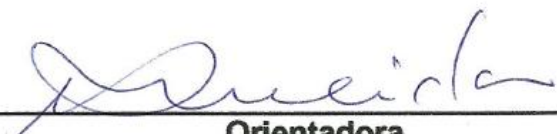
**LEITURA SOBRE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR
EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

Autor: André Coelho da Silva

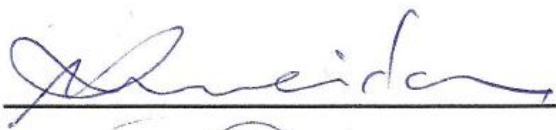
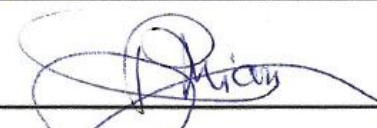
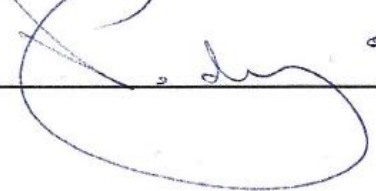
Orientadora: Profa. Dra. Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação defendida por André Coelho da Silva e aprovada pela Comissão Julgadora.

Data: 31/04/2013

Assinatura: 
Orientadora

COMISSÃO JULGADORA:

**CAMPINAS
2013**

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido entre março e agosto de 2012.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)
pelo apoio financeiro concedido entre setembro de 2012 e julho de 2013.

*Dedico este trabalho à minha família: João (pai),
Maria (mãe), Natália (irmã) e Isadora (namorada). A
meu pai por tudo que me ensina e pelo suor que sempre
derramou por mim. À minha mãe pelo exemplo de
caráter e por toda dedicação no que diz respeito à
minha criação. À minha irmã pelos momentos
compartilhados e por ter suportado um irmão mais
velho. À minha namorada por ter mudado a minha vida
e estar sempre ao meu lado. Sem vocês eu não teria
conseguido...*

AGRADECIMENTOS

Especiais agradecimentos à minha orientadora, Profa. Dra. Maria José P. M. de Almeida, por tudo que tem me ensinado desde março de 2008, não apenas em termos acadêmicos, mas também em termos pessoais.

Sinceros agradecimentos também aos muitos colegas do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ciência e Ensino (gepCE), pela amizade, pela companhia e pelas conversas que tanto me ajudaram e me fizeram refletir.

À equipe pedagógica, aos alunos e a todos os funcionários da Escola Estadual Carlos Gomes, pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Doutor Roberto José Maria Covolan (IFGW/Unicamp), por ter concordado em ser entrevistado, pela atenção dispensada durante a entrevista e pelas consequentes contribuições a este trabalho.

À Professora Doutora Maria Inês Petrucci Rosa (FE/Unicamp) e aos Professores Doutores Pedro da Cunha Pinto Neto (FE/Unicamp) e Roberto José Maria Covolan (IFGW/Unicamp), os quais compuseram a banca de meu exame de qualificação, pelas muitas contribuições e sugestões a este trabalho.

À Professora Doutora Rejane Aurora Mion (UEPG) e aos Professores Doutores Pedro da Cunha Pinto Neto (FE/Unicamp), Jorge Megid Neto (FE/Unicamp) e Fernando Jorge da Paixão Filho (IFGW/Unicamp), por terem aceitado compor a banca de meu exame de defesa e pelas consequentes contribuições a este trabalho.

A todos meus professores desde a pré-escola até a pós-graduação, por tudo que me ensinaram.

A todos meus alunos, por tudo aquilo que também me ensinaram.

À minha família (mãe, pai, irmã, namorada), que mais do que uma dedicatória, merece também meus profundos agradecimentos.

Enfim... cada um de vocês tem parte neste trabalho.

RESUMO

Buscando alternativas de como apresentar elementos culturais da física relacionados a aspectos do mundo material, de como aproximar o ensino de física a assuntos que possam vir a ampliar a participação dos estudantes em sala de aula e de como apresentar elementos da física por meio de estratégias de ensino alternativas àquela pautada quase que exclusivamente no uso do formalismo matemático, tive como objetivo compreender o funcionamento de uma leitura de divulgação científica sobre ressonância magnética no Ensino Médio. Associada a esse objetivo, minha questão de estudo foi: como estudantes do Ensino Médio produzem sentidos a partir de uma leitura de divulgação científica sobre o que é e como é aplicada a ressonância magnética nuclear? Para responder a essa questão, trabalhei um texto de divulgação científica sobre ressonância magnética com três turmas do segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública das quais eu era o professor de física. As informações foram coletadas junto aos estudantes por meio de dois questionários - um aplicado durante a leitura do texto e outro após minha mediação enquanto professor - e de quatro entrevistas. Para analisá-las tomei como apoio noções presentes em obras de Eni Orlandi, filiada à Análise de Discurso em sua vertente originada por Michel Pêcheux. As análises indicaram: que a leitura de textos de divulgação científica e a utilização de questionários formulados com questões abertas podem favorecer o surgimento de discussões não restritas aos conteúdos formais da física e aos assuntos abordados no texto; que embora o assunto os agradasse, os estudantes tiveram muitas dificuldades na leitura, havendo certa recusa em realizá-la e em escrever sobre o tema lido - especialmente devido à extensão e à densidade conceitual do texto; que houve predomínio de repetições empíricas (cópias mnemônicas de trechos do texto) ou de repetições formais (o “dizer com suas palavras”) sucintas e/ou superficiais nas respostas ao primeiro questionário; que houve predomínio de repetições formais com maiores níveis de profundidade e de embasamento nas respostas ao segundo questionário, sendo recorrente a materialização de trechos da mediação; e que os estudantes, em geral, preferiram destacar como conhecimento apreendido a partir da sequência de ensino elementos que dizem respeito a aplicações e a utilidades práticas. Nesse sentido, as análises parecem indicar a importância da mediação do professor, a urgência em se trabalhar a leitura sobre ciência na escola e o valor atribuído pelos jovens ao estudo de tópicos cuja utilidade é explicitada.

ABSTRACT

Seeking alternatives of how to present cultural elements of physics related to aspects of the material world, of how to approach physics education of issues that may increase the participation of students in the classroom and of how to present elements of physics through educational strategies alternatives to that guided almost exclusively by the use of the mathematical formalism, I had as goal to understand the working of a scientific divulgence reading about magnetic resonance in High School. Associated with this goal, my study question was: how High School students produce meanings from a scientific divulgence reading about what is the magnetic resonance and how it is applied? To answer this question, I worked a scientific divulgence text about magnetic resonance with three classes of the second year of High School at a public school of which I was a physics teacher. The information was collected from the students through two questionnaires - one applied during the reading of the text and another after my mediation as the teacher - and four interviews. To analyze them I took as support notions presented by Eni Orlandi, who is affiliated to Discourse Analysis in your part originated by Michel Pêcheux. Analysis indicated: that the reading of scientific divulgence texts and the use of questionnaires formulated with open questions may favor the emergence of discussions that are not restricted to the formal content of physics and to the issues discussed in the text; that although the topic interested the students, they had many difficulties in reading, having certain refusal to perform it and write about the subject read - especially due to the extent and conceptual density of the text; that there was predominance of empirical repetitions (mnemonic copies of excerpts of the text) or brief and/or superficial formal repetitions (the "say with your words") in the answers to the first questionnaire; that there was predominance of formal repetitions with higher levels of depth and basement in the answers to the second questionnaire, being recurrent the materialization of excerpts of the mediation; and that the students, in general, chose to highlight how apprehended knowledge from the teaching sequence elements that relate to applications and practical utilities. In this sense, the analysis seem to indicate the importance of the teacher mediation, the urgency to work the reading about science in school and the value assigned by the youth to the study of topics whose usefulness is made explicit.

SUMÁRIO

Resumo	xv
Abstract	xvii
Introdução	1
1. Os objetos tecnológicos, o ensino de Física Moderna e a divulgação científica	11
1.1. Os objetos tecnológicos e o ensino de física	11
1.2. Sobre Física Moderna e Contemporânea: ensino, linguagem e mídia	25
1.3. Os estudos sobre leituras de divulgação científica	29
1.4. A ressonância magnética	45
2. Apoios Teórico, Metodológico, Analítico e Condições de Produção das	
 Informações	53
2.1. Sobre a Análise de Discurso	53
2.2. A Análise de Discurso e a Leitura	58
2.3. Por que escolhi a Análise de Discurso?	62
2.4. Apoios metodológico e analítico relativos às entrevistas	63
2.5. A entrevista a um pesquisador em ressonância magnética	63
2.6. Breve caracterização da escola, das turmas, da minha relação com os alunos e das práticas que costumava adotar enquanto professor	67
2.7. A Sondagem inicial	69
2.8. A seleção do texto sobre ressonância magnética	74
2.9. Condições de produção da leitura sobre ressonância magnética e das entrevistas a quatro estudantes	80
3. Análise das Informações Coletadas	85
3.1. Análise das respostas dadas ao primeiro questionário	85
3.2. Análise das respostas dadas ao segundo questionário	96
3.3. Análise das respostas dadas por cinco estudantes	104
3.4. Análise das entrevistas a quatro estudantes	113
Considerações Finais	119
Referências Bibliográficas	125
Anexos	145
Anexo I: Texto utilizado nas sondagens	145
Anexo II: Texto sobre ressonância magnética trabalhado em sala de aula	147

Introdução

O interesse em realizar esta pesquisa surgiu a partir de um trabalho desenvolvido em minha iniciação científica. Na ocasião (fim do ano de 2010), com o intuito de investigar posições de estudantes sobre a Física Quântica (FQ), apliquei um questionário elaborado com questões abertas¹ a 25 alunos do terceiro ano do Ensino Médio (EM) de uma escola pública de Campinas (SP). Antes de responderem às questões propostas, os alunos realizaram a leitura de um breve texto montado com recortes de artigos de divulgação científica (Anexo I). O texto informava muito sinteticamente as origens da FQ e qual a sua relevância em termos de aplicações tecnológicas. Em especial, o texto dizia que equipamentos como o aparelho de CD, o controle remoto, o aparelho de ressonância magnética, o telefone celular, o laser, o computador, entre outros, só puderam ser projetados devido ao conhecimento da FQ. Diante disso, uma das questões formuladas foi de qual dos equipamentos citados no texto os estudantes prefeririam compreender o funcionamento. Guardadas as devidas proporções por se tratar de uma sondagem com poucos estudantes, esperava mais respostas indicando o telefone celular e o computador como os objetos nos quais eles detinham maior interesse em compreender o funcionamento – afinal, trata-se de objetos corriqueiramente muito utilizados. Entretanto, o aparelho de ressonância magnética foi o mais citado, onze vezes, enquanto o computador e o telefone celular receberam, respectivamente, cinco e quatro citações.

A ressonância magnética nuclear (RMN) - ou simplesmente ressonância magnética – é uma técnica de abrangente utilização. Apesar disso, costuma ser conhecida principalmente por sua utilização para a produção de imagens que visam auxiliar os diagnósticos médicos. Dessa forma, a preferência manifestada pelos estudantes em compreender o funcionamento do aparelho de ressonância magnética pode ter como uma de suas explicações o fato constatado por Christidou (2006) de que a área da saúde parece atrair a atenção de muitos estudantes. Tenho também outras hipóteses complementares para explicar essa preferência: a) embora acredite que a maioria dos alunos já tenha ouvido falar em aparelhos e/ou exames de ressonância magnética, creio que pouquíssimos sabem dizer algo a respeito do funcionamento dessa técnica – o que poderia gerar certa curiosidade; e b) trata-se de um aparelho que tem seu

¹ Estou considerando como uma questão aberta aquela que permite a possibilidade de se obter na resposta posições/opiniões pessoais.

uso na área da saúde bastante divulgado pela mídia. A fim de ilustrar esse fato, realizei no dia 19 de dezembro de 2012 uma busca por “ressonância magnética” no *site* do jornal “Folha de São Paulo”. Encontrei 1194 menções ao termo, sendo a primeira delas de setembro de 2000, ou seja, uma média de aproximadamente 100 menções por ano. Para exemplificar a natureza das referências que costumam ser feitas à ressonância magnética, apresento a seguir dois trechos de matérias relativamente recentes. Numa matéria do dia 28 de novembro de 2012, intitulada “Bellucci abandona torneio em SP, mas diz que jogará contra Federer” (Seção Esporte), há o seguinte trecho: “Na manhã de hoje, durante o treinamento, as dores ficaram mais intensas e Bellucci passou por uma ressonância magnética.” Já em outra matéria também do dia 28 de novembro de 2012, intitulada “Cachoeira apresenta melhora e já tem previsão de alta” (Seção Poder), está escrito: “A ressonância magnética realizada ontem para investigar a causa das tonturas e dos desmaios ocasionais não evidenciou alterações. Para amanhã está previsto um teste ergométrico.”.

Embora a constatação de Christidou (2006) e as duas hipóteses levantadas possam ajudar a explicar o resultado obtido na sondagem com estudantes do EM, é possível que essa preferência em compreender o funcionamento do aparelho de ressonância magnética não represente uma tendência geral entre estudantes desse nível de ensino². Independentemente disso, acredito ser importante apresentar elementos culturais da física relacionados a aspectos do mundo material. Nesse sentido, uma possibilidade é explicitar a relevância dos conceitos e ideias dessa disciplina para o surgimento e funcionamento de objetos tecnológicos contemporâneos – como o aparelho de ressonância magnética.

De fato, dois estudos relativamente recentes indicaram, entre outras coisas, certo interesse de crianças e adolescentes no que diz respeito a elementos da tecnologia.

Baram-Tsabari e Yarden (2005) analisaram 1676 perguntas sobre ciência e tecnologia feitas por crianças israelenses (10,6 anos em média, com desvio de 2,3 anos). Quase metade dessas questões dizia respeito à biologia, um quarto à tecnologia e um oitavo à astrofísica. As restantes (12,5%) estavam relacionadas às ciências da terra, à física, à química ou à natureza das investigações científicas. A partir desse resultado, os autores sugerem que a física e a química sejam abordadas no contexto da ciência espacial ou com referência a aplicações

² Voltei a desenvolver essa mesma sondagem com outros alunos de EM no ano de 2012. Na seção 2.7. apresento os resultados.

tecnológicas. Baram-Tsabari e Yarden (2005) notaram também um deslocamento de interesse associado ao gênero e à idade das crianças. Por exemplo: o número de questões sobre zoologia (um ramo da biologia) decresceu com a idade, já o número de questões sobre biologia humana aumentou – o que estaria relacionado ao advento da puberdade. Outro dado interessante é o de que em menos de 3% das questões houve referência explícita a uma fonte de informação (“ouvi dizer” ou mídia – totalizando em conjunto 95% dessa porcentagem - e escola – totalizando apenas 5%). Considerando o conjunto de dados, Baram-Tsabari e Yarden (2005) afirmam que o fato da escola comumente não abordar tópicos que interessam aos estudantes pode ter um efeito negativo sobre o interesse deles no que diz respeito à ciência. Embora reconheçam que para compreender cientificamente muitas das respostas às questões levantadas seja necessário certo nível intelectual (incompatível com a idade das crianças), os autores sugerem que as questões poderiam ser usadas pelos professores para promover um entendimento mais amplo da ciência, não se restringindo apenas à preocupação em respondê-las. Por fim, eles defendem que um currículo mais relevante para os estudantes passa por aproximar os conteúdos sugeridos às questões que os interessam.

Já Christidou (2006) investigou o interesse de 583 estudantes gregos (15 anos de idade aproximadamente) em assuntos relacionados à ciência, bem como quais eram suas experiências extra-escolares mais frequentes no dia-a-dia. Apoiada em outros estudos, a autora afirma que o interesse em ciência está relacionado ao contexto extra-escolar e a elementos afetivos. Assim, uma das razões que explicaria o grande desinteresse dos estudantes pela ciência seria o fato deles a considerarem irrelevante, inútil no dia-a-dia, distante de seus interesses. Christidou (2006) ressalta, contudo, que as atitudes e crenças dos estudantes acerca da relevância da ciência podem ser modificadas. Quanto aos resultados da pesquisa, foram observadas diferenças conforme o gênero do estudante. Enquanto as meninas disseram se interessar mais em tópicos relacionados à biologia humana, à saúde e à forma física, os meninos disseram se interessar mais pela ciência, tecnologia e suas dimensões sociais. Enquanto as meninas disseram utilizar mais instrumentos e dispositivos tecnológicos (como celular, câmera, etc.), os meninos disseram utilizar mais o computador e fazer trabalhos manuais (como desmontar um equipamento, por exemplo). Apoiada nesses resultados, a autora considera que a educação em ciências deveria levar em conta as experiências extra-escolares e os aspectos que interessam aos estudantes. Nesse sentido, dado o interesse

manifestado pelos jovens acerca de tópicos relacionados à saúde e a frequência com que disseram utilizar equipamentos tecnológicos, Christidou (2006) sugere que uma abordagem válida seria combinar a biologia humana e a saúde com o uso de dispositivos tecnológicos – linha semelhante à que proponho neste trabalho com relação à física.

Além de possivelmente intensificar a participação dos estudantes, abordar os conteúdos científicos explicitando suas conexões com elementos da tecnologia pode auxiliá-los no estabelecimento de nexos com aspectos do mundo material³ - nexos que segundo Dayrell (1996), raramente são explicitados:

Diante da aula, a pergunta imediata poderia ser: quais são os objetivos desta unidade? qual a relação que existe com a realidade dos alunos? O que e em que este tema acrescenta algo ou é importante para cada um deles? Em nenhum momento, a professora ou qualquer outra pessoa explicitou os objetivos específicos da matéria que está ensinando. O professor não diz e os alunos também não perguntam. Parece que a resposta está implícita: o conhecimento é aquele consagrado nos programas e materializado nos livros didáticos. O conhecimento escolar se reduz a um conjunto de informações já construídas, cabendo ao professor transmiti-las e, aos alunos, memorizá-las. São descontextualizadas, sem uma intencionalidade explícita e, muito menos, uma articulação com a realidade dos alunos. [...] p. 155.

Em Lima e Rappoport (2009, p. 1), a primeira autora, professora de física do EM, comenta sua dificuldade em motivar os alunos: “Eu digo a eles que a física possibilita entender como funciona ‘o Mundo’ e eles não concordam. A verdade é que a física que eu tento ensinar na escola não explica as novas tecnologias.”.

Já Dias, Barlette e Martins (2009) ressaltam que os alunos valorizam o estudo de tópicos que possibilitem estabelecer relações com aspectos do dia-a-dia. Nesse sentido, afirmam os autores:

Os alunos consideram a aprendizagem de um conteúdo mais interessante e fácil quando este pode ser relacionado diretamente com suas experiências diárias. A “materialidade” do cotidiano funciona como um ponto de partida,

³ Acredito, inclusive, que o próprio interesse dos estudantes na tecnologia seja consequência de sua forte presença em nossa sociedade.

uma referência a partir da qual podem começar a pensar em termos mais abstratos. Ao mesmo tempo, a conexão dos conteúdos mais abstratos com situações do dia-a-dia serve também como um fator motivador para a aprendizagem. Diversos autores observam que a possibilidade do aluno relacionar o conteúdo a ser aprendido com experiência prévia facilita a aprendizagem. p. 113.

Não se trata de defender o conhecimento como um puro e simples meio para entender de forma mais embasada as experiências diárias, o mundo material, numa visão utilitarista de conhecimento. Antes disso, trata-se de entender o conhecimento numa perspectiva cultural, ou seja, a aquisição de conhecimento como forma de “auto-desenvolvimento”, de desenvolvimento cultural. Dessa forma, um entendimento mais embasado das situações, do mundo e de si mesmo seria apenas um efeito desse processo.

Zanetic (1989) defendeu em sua tese de doutorado que física também é cultura. Nesse sentido, argumentou que seria interessante apresentar a física escolar como um elemento cultural básico para a compreensão do mundo contemporâneo, isto é, para a compreensão dos fenômenos e dos aparelhos utilizados no cotidiano. Emprestando de Snyders os conceitos de cultura primeira e cultura elaborada⁴, Zanetic (1989) afirmou ainda que defender um ensino de física mais próximo do dia-a-dia, da realidade que cerca a maioria dos alunos, não implica numa redução ao nível do senso comum. Antes disso, tratar-se-ia de estabelecer a continuidade necessária à ruptura. Continuidade esta que não estaria sendo explorada no ensino da física. Segundo o autor:

Infelizmente um cidadão contemporâneo médio (ou seja, igual a todos nós) é ensinado durante a sua vida escolar que a ciência é uma matéria esotérica, que não tem nada a ver com a vida atual das pessoas, que não faz parte da bagagem cultural. Por outro lado, algo que paradoxalmente passa despercebido da maioria das pessoas, somos bombardeados pela manipulação ideológica da ciência pelos meios de comunicação: um creme dental testado cientificamente, as desastrosas conseqüências para o desenvolvimento do país da exigüidade de recursos para as pesquisas científicas, as ciências no vestibular... É tudo uma

⁴ Cultura primeira: aquela que nasce como decorrência da "experiência direta com a vida"; Cultura elaborada: aquela que se dirige a todos - as artes, as letras, as ideias políticas, as Ciências. A cultura elaborada completa a "satisfação cultural" para a qual tende a cultura primeira, num processo de continuidade e ruptura.

ficção científica. Ao mesmo tempo nos deparamos com as dificuldades em lidar com informações científicas básicas, como foi o caso do acidente radioativo de Goiânia em 1988. E também há o crescente interesse despertado por livros de divulgação científica que atingem, às vezes, várias edições no nosso mercado editorial. Mas há uma dificuldade muito grande em integrar essa incipiente curiosidade cultural pela ciência e aquilo que se passa na escola. Ou seja, a maioria das pessoas consome ciência enquanto cultura mas, ao mesmo tempo, está alienada de sua presença real no cotidiano. E a forma e o conteúdo da ciência processada na escola reforçam essa condição de distanciamento entre a física escolar e a vida das pessoas, da ausência organizada da ciência na cultura popular. [...] p. 96.

Neste trabalho, considero a física como cultura, assumindo, contudo, que uma cultura é a “soma de diferentes sistemas de classificação e diferentes formações discursivas aos quais a língua recorre a fim de dar significado às coisas.” (HALL, 1997, p. 10). Nesse sentido, toda prática social tem uma dimensão cultural, isto é, “cada instituição ou atividade social gera e requer seu próprio universo distinto de significados e práticas - sua própria cultura.” (HALL, 1997, p. 13). Dessa maneira, procuro ressaltar a concepção de que há múltiplas culturas - e não somente "a" cultura (associada à elite).

Ainda nessa perspectiva de pensar elementos culturais associados à física, parecem perder sentido perguntas do tipo: “por que tenho que aprender isso? Para que me serve aprender isso?”, afinal, aparentemente, ninguém questiona para que serve uma cultura.

Por outro lado, não é comum se dispor a realizar alguma atividade sem que seu valor ou utilidade (presentes ou futuros) estejam mais ou menos explícitos. Nesse sentido, Fourez (2003) afirma que:

[...] os jovens de hoje parece que não aceitam mais se engajar em um processo que se lhes quer impor sem que tenham sido antes convencidos de que esta via é interessante para eles ou para a sociedade. Isto vale para todos os cursos, mas talvez ainda mais para a abstração científica. [...] Muitos jovens de hoje pedem que lhes seja mostrado de início a importância – cultural, social, econômica ou outra – de fazer este desvio. Mas nós, seus professores, estamos prontos e somos capazes de lhes mostrar esta importância? p. 110.

Vale ressaltar que as utilidades não são imutáveis e podem ser produzidas. Além disso, não estou defendendo que além das inúmeras obrigações e recomendações dadas ao professor ele deve também ser obrigado a explicitar a importância de se estudar determinados assuntos, até porque isso nem sempre é simples e demandaria, sobretudo, mais tempo e melhores condições de trabalho para o professor. O que estou tentando defender é que essa prática pode desencadear um ensino de física culturalmente mais relevante e possivelmente mais prazeroso – o que, conseqüentemente, poderia vir a tornar mais efetiva a participação dos estudantes.

Além disso, ao sugerir uma abordagem em que são explicitadas as relações entre os conteúdos da física e os objetos tecnológicos contemporâneos, também não estou em defesa de um ensino que tenha como base o “mundo dos alunos”, convidando-os a continuar com suas representações do senso comum, mas sim, de mostrar-lhes, como aponta Fourez (2003, p. 120), “que o desvio pelas representações padronizadas das ciências é interessante.”.

Com algumas citações procurei defender a ideia de que um ensino de física que explicita suas relações com objetos tecnológicos contemporâneos poderia ser capaz de apresentar a física numa perspectiva mais cultural, contextualizada, favorecendo, possivelmente, uma participação mais efetiva dos estudantes nas aulas.

Outro aspecto que quero destacar é a necessidade de buscar estratégias para o ensino de física alternativas à “tradicional”, ou seja, estratégias de ensino alternativas àquela associada ao uso excessivo do formalismo matemático inerente à ciência física (REZENDE e OSTERMANN, 2005). Uma dessas possíveis estratégias é a leitura de textos como, por exemplo, os de divulgação científica e os originais de cientistas.

Muitos integrantes do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ciência e Ensino (gepCE)⁵ – do qual faço parte – têm estudado o funcionamento dessa estratégia de ensino. No âmbito do gepCE, as seguintes dissertações e teses que abordaram a leitura no ensino de ciências: Souza (2000), Michinel (2001), Silva (2002), Gama (2005), Lança (2005), Giraldelli (2007), Dias (2009), Lopes (2009) e Silva (2012), tiveram como um de seus objetivos compreender o funcionamento da leitura tendo como referencial teórico a Análise de Discurso em sua vertente iniciada por Michel Pêcheux.

⁵ O gepCE foi institucionalizado em 1995 na Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas. Pertencente ao diretório dos grupos de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq -, tem como líderes a Profa. Dra. Maria José P. M. de Almeida e o Prof. Dr. Pedro da Cunha Pinto Neto.

Souza (2000) trabalhou com alunos da oitava série do Ensino Fundamental leituras sobre fotossíntese. Michinel (2001) trabalhou com estudantes de física do Ensino Superior leituras de textos divergentes sobre energia. Silva (2002) trabalhou com alunos do EM - numa unidade sobre gravitação newtoniana - leituras de imagens e de textos (entre eles, textos de divulgação científica). Gama (2005) trabalhou com alunos do 1º e 2º anos do EM a leitura de dois livros de divulgação científica - um a respeito de Newton e outro a respeito de Einstein. Lança (2005) trabalhou com alunos do EM a leitura de um trecho a respeito das leis de Newton contido num livro de divulgação científica. Giraldelli (2007) trabalhou com alunos da quarta série do Ensino Fundamental a leitura de um texto narrativo com características de cartum e de divulgação científica. Dias (2009) trabalhou com licenciandos em física a leitura de textos de divulgação científica sobre física publicados nas revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*. Já Lopes (2009) trabalhou com alunos da Educação de Jovens e Adultos a leitura: de textos didáticos do Telecurso 2000 sobre leis de Newton e movimentos verticais; de um texto de divulgação científica sobre energia; e de um texto que é um estudo científico sobre energia. Por fim, Silva (2012) trabalhou com alunos do Ensino Médio elementos da teoria da Relatividade de Einstein por meio da leitura de um capítulo de um livro de divulgação científica.

Também adotei a leitura como estratégia de ensino para o desenvolvimento desta pesquisa, mais especificamente, a leitura de divulgação científica. Entretanto, diferentemente dos trabalhos citados, a leitura sugerida aos alunos neste trabalho teve como foco discutir elementos associados ao funcionamento de um objeto tecnológico – o aparelho de ressonância magnética. Além disso, outra diferença que admito em relação aos trabalhos do gepCE voltados para o EM, é o fato de que, neste trabalho, a leitura de divulgação científica sugerida aos alunos pode ser caracterizada como possuindo elevados níveis de complexidade linguística e de densidade conceitual⁶ (diferentemente dos trabalhos supracitados - onde a preocupação parece ter sido promover a leitura de textos com linguagens relativamente mais acessíveis aos estudantes).

Ao adotar como estratégia de ensino a leitura de divulgação científica, pretendo contribuir para a compreensão de seu funcionamento e do papel mediador do professor quando da realização de atividades desse gênero no EM. Além disso, dado o tema da leitura, pretendo

⁶ Na seção 2.8. analiso a forma/conteúdo do texto sugerido para leitura.

contribuir para a compreensão dos limites e possibilidades de se trabalhar o funcionamento de objetos tecnológicos nesse nível de ensino.

A partir das considerações que venho expondo, formulei meu objetivo como sendo:

Compreender o funcionamento de uma leitura de divulgação científica sobre ressonância magnética no Ensino Médio.

Associada a esse objetivo, minha questão de estudo foi:

Como estudantes do Ensino Médio produzem sentidos a partir de uma leitura de divulgação científica sobre o que é e como é aplicada a ressonância magnética nuclear?

Para responder a essa questão, tomando como apoio teórico, metodológico e analítico noções da Análise de Discurso em sua vertente iniciada na França por Michel Pêcheux, trabalhei um texto de divulgação científica sobre ressonância magnética com três turmas do segundo ano do EM de uma escola pública de Campinas (SP) das quais eu era o professor de física. As informações foram coletadas por meio de dois questionários – um respondido concomitantemente à leitura do texto e outro após a minha mediação enquanto professor – e de quatro entrevistas a estudantes.

A escolha pelo suporte da Análise de Discurso teve como base o valor dado por essa teoria às condições de produção e ao funcionamento da linguagem. Dessa forma, não procuro analisar quais foram os sentidos produzidos pelos estudantes acerca da ressonância magnética e dos conceitos físicos envolvidos, mas sim, como os estudantes produziram esses sentidos, em que discursos eles se filiaram, que aspectos das condições de produção se fizeram preponderantes em suas respostas.

Tendo explicitado o objetivo e a questão de estudo deste trabalho, resta ainda explicitar a maneira como o estruturei.

No primeiro capítulo, explico o que estou entendendo por objetos tecnológicos e faço uma revisão bibliográfica acerca de trabalhos que propõem e/ou analisam sequências de ensino que visam trabalhar com alunos do EM conceitos físicos fazendo relação com alguns desses objetos. Além disso, discuto brevemente a importância de inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea no EM, atentando também para a questão da complexidade da linguagem matemática envolvida e para a presença de assuntos científicos na mídia. Realizo, também, uma revisão bibliográfica sobre leituras de divulgação científica na área de ensino de ciências. Finalmente, baseando-me em alguns textos e em uma entrevista realizada junto a um

pesquisador especialista em ressonância magnética, procuro apresentá-la de maneira sintética e relativamente rigorosa – dada a complexidade envolvida. Ressalto ainda, que essa apresentação de aspectos da ressonância magnética foi feita tendo em vista uma perspectiva coerente com a física, uma vez que químicos, médicos, biólogos e outros profissionais possuem diferentes focos de abordagem no que diz respeito a essa técnica.

No segundo capítulo, apresento a Análise de Discurso – focando algumas de suas noções - enquanto meu apoio teórico, metodológico e analítico; explico meus apoios metodológico e analítico para a realização e a análise das entrevistas; detalho as condições de produção de informações e a metodologia adotada para sua coleta; e apresento análises: de informações coletadas junto aos estudantes a título de sondagem inicial, de posições manifestadas pelo pesquisador entrevistado e do texto sobre ressonância magnética trabalhado em sala de aula.

No terceiro capítulo, objetivando reunir condições de responder à questão de estudo proposta, apresento análises das informações coletadas junto aos estudantes durante o desenvolvimento das atividades sobre ressonância magnética. Mais especificamente, analiso as respostas dadas aos dois questionários aplicados e as falas dos quatro estudantes entrevistados. Além disso, procuro enriquecer as análises relatando observações realizadas durante o desenvolvimento do trabalho.

Finalmente, nas Considerações Finais, procuro sistematizar os resultados mais relevantes, tomando-os como elementos que me permitam apontar perspectivas e tecer comentários associados ao tema deste estudo.

1. Os objetos tecnológicos, o ensino de Física Moderna e a divulgação científica

1.1. Os objetos tecnológicos e o ensino de física

Segundo Granger (1994), a penetração cotidiana da ciência em nossas sociedades se manifesta especialmente por utilizarmos objetos impregnados de pensamento científico. Entretanto, como frisa o autor: "é preciso notar que essa penetração da ciência é anônima, já que a maioria de nós ignora completamente os seus modos de intervenção." (p. 16).

Já Gardner (1999) discute os significados associados à ciência e à tecnologia, apresenta quatro visões acerca da relação entre as duas e analisa como cinco livros didáticos de física canadenses para o Ensino Médio (EM) representam essa relação. Segundo o autor:

[...] Tecnologia pode se referir a artefatos ('a impressora a laser é uma bela peça de tecnologia'), processos ('agora temos a tecnologia para gerar eletricidade a partir de resíduos'), sistemas sociais ('os EUA e o Japão lideram o mundo em tecnologia'), campos de trabalho ('Pat quer trabalhar com tecnologia'), ou campos de estudo ('Mumford foi um escritor no início da história da tecnologia'). Ciência, também é um termo amplo, pode significar conhecimento organizado sobre fenômenos naturais ('a teoria da relatividade de Einstein foi uma grande contribuição para a ciência'), os processos de pensamento que geram esse conhecimento ('a descoberta da estrutura do DNA foi um triunfo da ciência moderna'), ou como uma rubrica para um conjunto de disciplinas ('A Psicologia enquanto ciência tem um século de idade'), mas também pode se referir a sistemas sociais e campos de trabalho e estudo. Os termos são usados de forma diferente por vários autores, em várias culturas, e em vários momentos históricos. [...] p. 331⁷.

Além disso, Daumas (1976)⁸ *apud* Gardner (1999) nos lembra que os significados também dependem da língua. Em inglês, por exemplo, a palavra "technology" englobaria significados que em francês seriam designados por duas palavras: "technique" (conhecimento organizado e habilidade) e "technologie" (tecnologia científica).

⁷ Tradução do autor deste trabalho do original em inglês.

⁸ DAUMAS, M. The history of technology: its aims, its limits, its methods (trad. A. R. Hall). In: Hall, A. R.; Smith, N. (ed.), **History of Technology**, v. 1, London: Mansell, p. 89–112, 1976.

Para Gardner (1999), embora a distinção entre ciência e tecnologia não seja aguda – especialmente com o advento da Revolução Industrial, a partir da qual os tecnólogos teriam adotado métodos de pesquisa similares aos dos cientistas –, ela existe e consistiria, especialmente, numa distinção de propósitos. Enquanto os cientistas objetivariam primordialmente gerar novos conhecimentos e entendimento teórico, os tecnólogos objetivariam projetar, criar e melhorar artefatos, materiais, sistemas e procedimentos com o intuito de atender as necessidades e os desejos humanos.

Gardner (1999) distingue ainda quatro visões a respeito da relação entre ciência e tecnologia: a idealista, a demarcacionista, a materialista e a interacionista.

A visão idealista vê a tecnologia como uma aplicação da ciência (crença culturalmente dominante); a demarcacionista vê as duas como campos totalmente separados; a materialista vê a tecnologia como precursora necessária à ciência; e a interacionista vê ciência e tecnologia trabalhando e aprendendo uma com a outra.

Outros dois pontos importantes são ressaltados pelo autor: todas essas visões podem se servir de exemplos da história da ciência e da tecnologia como justificativa, logo, sozinha nenhuma daria conta de explicar todos os casos; e não se trata de visões nitidamente distintas, conseqüentemente, é possível que mais de uma dê conta de explicar o desenvolvimento de um determinado artefato.

Dessa forma, Gardner (1999) reafirma a complexidade da relação entre ciência e tecnologia, lembrando também que muitas características de um objeto tecnológico não são dedutíveis de princípios físicos, mas sim, requerem o trabalho de engenheiros habilitados. Em outras palavras: leis e teorias científicas poderiam apenas explicar porque alguns artefatos funcionam de determinada maneira.

Vargas (2003) também procura apontar algumas características da ciência básica, da técnica e da tecnologia. A primeira objetivaria conhecer determinado assunto. A técnica estaria mais relacionada a trabalhos manuais e mecânicos. Já a tecnologia seria uma etapa do desenvolvimento técnico, pois utilizaria (e não simplesmente aplicaria) teorias, métodos e processos científicos para a resolução de problemas técnicos. Além disso, segundo o autor, não haveria tecnologia se não houvesse pesquisa tecnológica. Vargas (2003) ressalta ainda dois pontos importantes: a não neutralidade da ciência e da tecnologia – isto é, elas estariam comprometidas com as condições políticas e econômicas da sociedade; e o fato de que tanto é

possível surgir uma aplicação a partir de um conhecimento básico, como uma pesquisa científica a partir de uma solução tecnológica.

Cupani (2004), por sua vez, afirma que a técnica diz respeito à capacidade humana de modificar deliberadamente materiais, objetos e eventos. Sua principal diferença em relação à tecnologia seria a presença da ciência experimental nesta. Cupani (2004) também sintetiza criticamente três modos de investigação da filosofia da tecnologia: a de Mário Bunge (analítica), a de Albert Borgmann (fenomenológica) e a de Andrew Feenberg (crítica).

Para Bunge, a técnica faria uso de conhecimentos pré-científicos (eventualmente impregnados de saber científico), já a tecnologia seria a técnica de base explicitamente científica. A tecnologia implicaria também na busca de um conhecimento específico, dando origem, conseqüentemente, a teorias tecnológicas. Já para Borgmann, a tecnologia não seria uma forma evoluída da técnica, mas sim um modo de vida da Modernidade. Nesse paradigma, os dispositivos tecnológicos seriam meios para atingir determinados fins e não os fins em si mesmos. Além disso, a propagação desse “paradigma tecnológico” poderia ser explicada pelo *glamour* a ele associado. Para Feenberg, por sua vez, a tecnologia também seria um fenômeno tipicamente moderno. Contudo, a ela estariam associados valores antidemocráticos provenientes de sua vinculação com o capitalismo. Dessa forma, o capitalismo fomentaria as realizações tecnológicas porque elas reforçariam as estruturas sociais centralizadas e hierárquicas.

Segundo Cupani (2004), embora Bunge não acredite na neutralidade da tecnologia, sua filosofia caracteriza-se como demasiadamente otimista. Já em relação à filosofia de Borgmann, o autor a caracteriza como “supérflua” e “inócua”. Por fim, em relação à Feenberg, Cupani (2004) ressalta sua contribuição em romper com a ilusão da tecnologia como instância contemporaneamente necessária.

Já Nascimento, Santos e Nigri (2006), amparados em Saldaña (1997)⁹, afirmam que a técnica visa resolver problemas pontuais do cotidiano, enquanto a ciência modeliza o real sem propor intervenções. A tecnologia, por sua vez, seria uma modernização da técnica e, nesse sentido, romperia com as funções básicas do dia-a-dia, tendo como pretensão a criação de novos objetos, regras e gestos. Conseqüentemente, novas necessidades. Segundo os autores:

⁹ SALDAÑA, J. J. Tecnología y cultura: podemos aprender la historia? In: Santos, M. J.; Cruz, R. D. **Innovación tecnológica y procesos culturales**: nuevas perspectivas teóricas. México: Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, 1997.

“Encontramos facetas da tecnologia no conjunto de todas as culturas e essas são, em geral, registradas através de objetos pertencentes à cultura material.” (p. 55). Em relação à caracterização do que são objetos, Dagognet (1989)¹⁰ *apud* Nascimento, Santos e Nigri (2006) toma-os como “coisas” carregadas de subjetividade humana, isto é, “coisas” às quais são atribuídas funções.

Tendo em vista as considerações dos autores supracitados, embora reconheça a dificuldade em caracterizar o que é um objeto tecnológico, estou utilizando o termo para designar aparelhos¹¹ que desempenham funções elaboradas e cujo funcionamento pode ser explicado a partir de ideias científicas relativamente sofisticadas¹². Vale ressaltar ainda, que acredito na não-neutralidade da tecnologia e que não a tomo como mera aplicação da ciência. Acredito na concepção de que essas duas instâncias estão, na verdade, inter-relacionadas (postura designada por Gardner, 1999, como interacionista).

Adotando, portanto, uma postura mais cautelosa, mais realista acerca da tecnologia, evidencia-se o fato de que o desenvolvimento de novos e cada vez mais modernos objetos tecnológicos não implica necessariamente em progresso, em desenvolvimento humano, enfim, em efeitos que podem ser considerados positivos. Há sempre interesses em jogo. Logo, se por um lado o desenvolvimento de determinado objeto tecnológico pode propiciar maior conforto, facilidade ou até mesmo um auxílio mais eficiente no diagnóstico de problemas de saúde, por outro lado, ele também pode alimentar o chamado “consumismo”¹³, favorecer o consumo insustentável de recursos naturais e acentuar os efeitos das desigualdades socioeconômicas. Nesse sentido, pode-se dizer que apenas as classes economicamente mais favorecidas têm acesso aos mais modernos objetos tecnológicos, afinal, em nossa sociedade, o acesso a esses produtos se massifica apenas quando eles já não são os mais modernos existentes.

Tendo explicitado o que entendo por “objeto tecnológico” e tendo em vista o objetivo de minha pesquisa, realizei um levantamento bibliográfico consultando artigos científicos publicados em alguns dos principais periódicos eletrônicos nacionais e internacionais da área de ensino de física/ciências: A Física na Escola (Brasil), Alexandria: Revista de Educação em

¹⁰ DAGOGNET, F. **Éloge de l'objet**: pour une philosophie de la marchandise. VRIN: Paris, 1989.

¹¹ Conjunto de peças, ferramentas, utensílios ou instrumentos, destinado a executar um trabalho ou prestar um serviço – uma das possíveis definições para “aparelho” segundo o dicionário Michaelis.

¹² Gostaria de frisar que se trata de uma caracterização subjetiva, afinal, é difícil caracterizar objetivamente o que são “funções elaboradas” e “ideias científicas relativamente sofisticadas”.

¹³ Embora possa assumir diversas caracterizações, o termo “consumismo” costuma designar a aquisição frívola de bens. (VASCONCELLOS-SILVA *et al.*, 2010)

Ciência e Tecnologia (Brasil), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (Brasil), Ciência & Educação (Brasil), Ciência & Ensino (Brasil), Ciência em Tela (Brasil), Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Brasil), Experiências em Ensino de Ciências (Brasil), Investigações em Ensino de Ciências (Brasil), Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (Brasil), Revista Brasileira de Ensino de Física (Brasil), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (Brasil), International Journal of Science Education (Reino Unido), Physics Education (Reino Unido), Research in Science & Technological Education (Reino Unido), Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (Espanha), Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (Argentina) e Science & Education (EUA). Meu intuito foi mapear como estudos científicos propõem e/ou analisam sequências de ensino que visam trabalhar com alunos do EM conceitos físicos fazendo relação com objetos tecnológicos contemporâneos. Vale frisar que foram selecionados apenas artigos cujo acesso integral era disponibilizado a partir da rede de computadores da Faculdade de Educação da Unicamp¹⁴.

A busca foi realizada desde a primeira edição de cada periódico até as edições publicadas antes de junho de 2013. Dada a dificuldade em adotar um único termo para efetuar a busca, inicialmente utilizei os seguintes termos: “aparato”, “objeto tecnológico”, “artefato” e “desenvolvimento tecnológico”. Entretanto, notei que alguns artigos relevantes para a busca não estavam sendo contemplados. Optei, então, por modificar os critérios da busca, passando a utilizar como termos os seguintes objetos tecnológicos contemporâneos¹⁵: CD/DVD, controle remoto, aparelho de ressonância magnética, telefone, laser (seu funcionamento e não artigos que o utilizam em atividades práticas), computador (incluindo seus componentes), microfone, geladeira, ar condicionado, televisão, rádio, alarme, aparelho de som, aparelho de raios X, aparelho de ultrassom, câmera (filmadora ou fotográfica), impressora, microondas e mostrador de cristal líquido (LCD). Justifico a escolha por esses objetos tecnológicos por acreditar que são contemporâneos, que são utilizados por boa parcela da população brasileira e que seus funcionamentos podem ser explicados tendo como base conceitos e noções da física. Vale ressaltar, contudo, que por se tratar de critérios de busca pouco objetivos, provavelmente há objetos tecnológicos contemporâneos que poderiam fazer parte dessa lista, mas que não o fizeram.

¹⁴ Lembrando que o acesso integral a alguns artigos de periódicos internacionais só é permitido por meio de pagamento.

¹⁵ Tomando o cuidado de também traduzi-los quando da realização de buscas em periódicos internacionais.

A partir dessa busca foram encontrados 50 artigos. Entretanto, como meu intuito foi selecionar trabalhos voltados para o ensino - mais especificamente para o EM -, foi necessário avaliar a pertinência de cada um deles.

Dessa forma, um artigo (Capecchi, Carvalho e Silva, 2002) foi descartado porque embora analise cenas de uma sequência de ensino relacionada ao funcionamento do forno de microondas, tem como foco estudar as interações discursivas que propiciam a argumentação dos alunos. Assim, os autores não deram detalhes sobre o funcionamento do aparelho de microondas nem analisaram o funcionamento de aspectos da sequência de ensino em si. Outros 32 artigos (Heavens, 1968; Freeman, 1970; Ericson, 1972; Bryant, 1978; Hill, 1978; Pullan, 1978; Ball, 1980; Ellington, Addinall e Hately, 1980; Bradshaw, 1983; Bilaniuk e Bilaniuk, 1984; Orton, 1987; Gosling, 1989; Hill, 1989; Hessenbruch, 1995; Sumner, 1995; Andrews, Simmons e Williams, 1996; Barker, 1996; Fox, 1996; Babichak, 1998; Cammarata e Wautelet, 1999; Andrews, 2000; Bagnato, 2001; Hughes, 2001; Keevil, 2001; Michael, 2001; Vollmer, Möllmann e Karstädt, 2004a; Vollmer, Möllmann e Karstädt, 2004b; Menezes, 2005; Costa, 2007; Damasio e Calloni, 2008; Hare, 2010; French, 2011) foram descartados ou porque seus autores não faziam qualquer menção à possibilidade de trabalhar o assunto no EM ou porque os objetos tecnológicos apenas eram utilizados como materiais para realizar experimentos ou porque os trabalhos eram destinados explicitamente ao ensino superior ou porque embora acenassem para a possibilidade de abordar os assuntos com estudantes, estava implícito certo direcionamento para esse nível de ensino (artigos que tratavam os tópicos utilizando matemática relativamente avançada - derivadas, integrais, etc.). Acredito, todavia, que alguns desses artigos possam ser encarados como possíveis materiais a subsidiar alunos e professores do EM, mesmo na ausência de um direcionamento explícito.

Por fim, após aplicar os critérios e restrições estabelecidos, o número de artigos foi reduzido a 17. Entretanto, dois desses artigos parecem ser exatamente iguais (Cavalcante, Peçanha e Leite, 2011 e Cavalcante, Peçanha e Leite, 2012 – considereei, portanto, apenas o primeiro), o que reduz o número de artigos para 16. Na Tabela 1 apresento quais foram os artigos selecionados bem como em quais periódicos eles foram publicados.

Tabela 1: Artigos selecionados e periódicos em que foram publicados

ARTIGOS	PERIÓDICO
Crawford e Ondris-Crawford (1994) Edwards (2000) Parker e Vollmer (2004) Vollmer (2004) Starrett (2008) Abdul-Razzak, Bushey e Winn (2011) Vollmer e Möllmann (2011) Kawalec (2012) Straulino e Orlando (2012)	Physics Education (Reino Unido)
Laburú, Simão e Urbano (1998) Valadares e Moreira (1998) Laburú <i>et al.</i> (2000) Amantes e Borges (2011) Catelli e Villas-Boas (2011)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física (Brasil)
Cavalcante, Peçanha e Leite (2011)	A Física na Escola (Brasil)
Mion, Alves e Carvalho (2009)	Experiências em Ensino de Ciências (Brasil)

Atentando para a Tabela 1 é possível notar que encontrei artigos relevantes a meu propósito em apenas quatro dos 18 periódicos consultados - destacando-se o "Physics Education", onde nove dos 16 artigos (56%) foram publicados. Além disso, o número de artigos selecionados foi relativamente reduzido – lembrando que busquei desde a primeira edição de cada periódico.

Dos 16 artigos selecionados, o mais antigo é de 1994 e o mais recente é de 2012.

Sete deles, ou seja, 44%, foram publicados entre janeiro de 2011 e fevereiro de 2013, o que pode apontar para certa tendência de aumento no número de pesquisas voltadas para esse assunto. Há que se lembrar, entretanto, que a busca contemplou apenas objetos tecnológicos contemporâneos e não quaisquer objetos tecnológicos – o que também pode ajudar a explicar a observação dessa tendência.

Passo agora a apresentar um resumo de cada um dos artigos selecionados, buscando verificar como seus autores: a) propõem sequências de ensino que visam trabalhar com alunos do EM conceitos físicos fazendo relação com os objetos tecnológicos contemporâneos já mencionados; e/ou b) analisam resultados de aplicação dessas sequências no EM. Ressalto que faço a apresentação agrupando os trabalhos que tratam de um mesmo objeto tecnológico.

Além disso, dentro desses grupos, apresento os artigos em ordem cronologicamente crescente quanto à data de publicação.

Laburú *et al.* (2000) relatam uma proposta que tem como objetivo apresentar aos alunos o funcionamento de um forno de microondas. Para isso, sugerem e descrevem uma atividade prática que possibilitaria a visualização de ondas eletromagnéticas estacionárias e explicam os princípios físicos envolvidos. Os autores concluem que com essa atividade é possível aproximar o conteúdo de física ao cotidiano dos estudantes, possibilitando o entendimento de princípios relacionados aos artefatos tecnológicos.

Vollmer (2004) também aborda a física envolvida no forno de microondas, isto é, questões relacionadas a como são geradas as ondas, à absorção delas por parte dos alimentos e a quais são e como funcionam os principais componentes desse objeto tecnológico.

Já Parker e Vollmer (2004), enquanto continuação de Vollmer (2004), investigam, entre outros aspectos, a física presente na atividade de cozinhar, apresentando, inclusive, demonstrações possíveis de serem utilizadas como auxílio ao ensino de conceitos físicos. Após apresentarem a história do desenvolvimento do forno de microondas e discutirem questões relacionadas à teoria envolvida no uso desse objeto tecnológico - sempre relacionando com aspectos culinários -, os autores sugerem uma atividade prática para medir a velocidade da luz. Finalizando, Parker e Vollmer (2004) afirmam que o uso do forno de microondas pode auxiliar os estudantes de nível básico a entenderem alguns princípios da física, da mesma forma que a física poderia auxiliá-los a compreender melhor e a aprimorar aspectos relacionados à atividade de cozinhar. Gostaria de ressaltar, contudo, que, em determinadas partes desses dois artigos, o formalismo matemático da física predomina – e de forma não muito simples (com equações relativamente complexas).

Já Abdul-Razzak, Bushey e Winn (2011) apresentam uma proposta de atividade prática que investiga o vazamento da radiação eletromagnética nos fornos de microondas. Essa atividade possibilitaria a abordagem de importantes conceitos físicos e aumentaria o interesse dos estudantes pela física. A partir de um ponto de vista teórico, os autores discutem como os fornos de microondas funcionam. Além disso, são brevemente analisados os resultados obtidos a partir da aplicação da atividade prática proposta a ingressantes do curso de engenharia de uma universidade dos EUA e a alunos do que corresponde, no Brasil, ao EM. Concluindo, Abdul-Razzak, Bushey e Winn (2011) afirmam que é importante dar aos alunos a

oportunidade para que questionem o que aprendem em relação ao que observam, pois isso os estimularia a pensar em alto nível e a pensar sobre o que se passa ao redor deles.

Starrett (2008) apresenta sugestões de como explorar no ensino de física os princípios básicos de operação do rádio, focando, para isso, o fenômeno da ressonância, sobre o qual são sugeridas, inclusive, algumas atividades práticas. Além disso, segundo o autor, a discussão da ressonância e do rádio poderia auxiliar os estudantes a entenderem aspectos relacionados aos telefones celulares. Starrett (2008) indaga, numa espécie de provocação, se a maioria dos objetos atuais se tornaram caixas pretas, das quais não conhecemos e nem nos esforçamos para conhecer o funcionamento e, finalizando, destaca a importância de introduzir no ensino de física a filosofia da ciência, a história da ciência e a sociologia da ciência, áreas essas que teriam uma boa oportunidade de serem contempladas com a introdução do rádio enquanto tópico a ser estudado.

Já Straulino e Orlando (2012), com o intuito de possibilitar aos estudantes o entendimento das ideias básicas e de alguns dos problemas práticos da comunicação sem fio, discutiram, a partir de uma perspectiva prática, a teoria envolvida com a transmissão de rádio. Além de apresentarem os conceitos físicos envolvidos, os autores descrevem a montagem de um receptor de rádio que poderia se constituir como um exemplo prático da aplicação de ondas eletromagnéticas, sua propagação e o princípio de circuitos ressonantes. Finalizando, Straulino e Orlando (2012) afirmam que os resultados que podem ser alcançados são satisfatórios e que as atividades práticas propostas se configuram como uma aplicação interessante dos conceitos estudados na escola.

Crawford e Ondris-Crawford (1994) descrevem o funcionamento dos mostradores de cristal líquido (LCDs) a partir de suas propriedades ópticas. Segundo os autores, além de possibilitar o estabelecimento de nexos entre a física, a tecnologia e outras disciplinas, a abordagem pode propiciar discussões em sala de aula acerca da estrutura da matéria, das transições de fase, da polarização, das constantes dielétricas, dos índices de refração e do espalhamento da luz. Crawford e Ondris-Crawford (1994) sugerem também alguns experimentos, os quais podem ser realizados com a utilização de LCDs de relógios ou calculadoras, de baterias de nove Volts e de fios para estabelecer os contatos elétricos necessários. Por fim, ressaltam que são abordados alguns conceitos físicos relativamente complexos, os quais usualmente não são discutidos na física do EM brasileiro.

Laburú, Simõe e Urbano (1998) também descrevem o funcionamento dos LCDs monocromáticos (como os de relógios digitais e calculadoras), explorando possíveis atividades práticas de baixo custo que auxiliariam no estudo de fenômenos ópticos. O objetivo dos autores foi contribuir para que os professores do EM tivessem acesso a esse tópico, visando, consequentemente, sua introdução nesse nível de ensino a partir dos conceitos de eletricidade e de polarização da luz. Embora muitas vezes a descrição feita pelos autores me pareça complexa e de difícil entendimento, Laburú, Simõe e Urbano (1998) ressaltam a expectativa de que o desenvolvimento dessa atividade possa criar um ambiente motivador que desperte nos alunos o interesse por fenômenos ópticos.

Edwards (2000) descreve e analisa brevemente os resultados obtidos junto a alunos de nível secundário do Reino Unido considerados bons ("A-level") após a aplicação de uma sequência de ensino sobre os telefones celulares. Segundo o autor, evidências sugerem que a aprendizagem dos estudantes é mais efetiva quando os conteúdos são apresentados em contexto – embora o autor não explicita o que está entendendo por “contexto”, creio que está considerando uma apresentação de conteúdos contextualizada quando esta é feita de maneira relacionada a aspectos sociais, culturais, históricos, etc. Nesse sentido, foi produzida uma sequência de ensino sobre os telefones celulares com o intuito de motivar os alunos e encorajá-los ao estudo da física, evidenciando a relevância dessa disciplina na vida extra-escolar. Embora não descreva o funcionamento do telefone celular, Edwards (2000) menciona os tópicos que foram discutidos com os estudantes. Por fim, após realizar a análise, o autor afirma que apesar de ter constatado que nenhum dos estudantes possuía telefone celular, a abordagem utilizada foi apreciada por eles. Como consequência, sugere que ensinar de maneira contextualizada motiva os estudantes.

Já Kawalec (2012) também discute aspectos relacionados ao telefone celular. Em especial, o autor discute a produção e a transmissão de sinais e o sistema global para comunicações móveis (o "GSM" - global system for mobile communications) - o qual seria o sistema mais popular em termos de telefonia móvel. Nesse sentido, Kawalec (2012) detém o foco de sua análise nos problemas associados aos telefones celulares como consequência do fato da velocidade da luz ser finita. Por fim, ressalto que segundo o autor, abordar elementos dos telefones celulares em sala de aula seria uma atividade interessante por possibilitar relações com o contexto da vida real.

Valadares e Moreira (1998) apresentam sugestões de como introduzir alguns tópicos de física moderna no EM, dentre eles o laser. Os autores ressaltam o acelerado processo de entrada de objetos tecnológicos em nossas vidas. Dessa forma, defendem a necessidade de que sejam estabelecidas conexões entre a “física da sala de aula” e a “física do cotidiano”, o que motivaria os estudantes por possibilitar-lhes “ver o mundo com outros olhos”. Além de explicar como funcionam o laser e suas propriedades básicas - sempre fazendo referência aos conceitos físicos envolvidos -, Valadares e Moreira (1998) abordam algumas de suas aplicações práticas, como as que ocorrem em fibras ópticas e em leitores de código de barras, sugerindo, também, assim como o fazem para os outros dois tópicos tratados no trabalho (efeito fotoelétrico e emissão de corpo negro), algumas atividades práticas de baixo custo.

Mion, Alves e Carvalho (2009) objetivaram compreender a importância da problematização das implicações da relação ciência-tecnologia-sociedade-ambiente para a incorporação da cultura científica e tecnológica na cultura da população. Para isso, os autores analisaram criticamente planos de aula elaborados no âmbito de uma disciplina de estágio em um curso de formação inicial de professores de física. Cada licenciando ficou responsável por elaborar uma atividade educacional sobre um tópico da física relacionando-o a um objeto. Alguns dos tópicos foram: momento angular (fazendo referência à bicicleta), interferência e difração da luz (fazendo referência ao CD), radiação de corpo negro (fazendo referência às lâmpadas de abajures) e propriedades eletromagnéticas da matéria (fazendo referência às descargas elétricas naturais). Mais especificamente em relação ao tópico interferência e difração da luz, os conceitos físicos envolvidos na abordagem foram os de: interferência, difração, interferência construtiva e interferência destrutiva, difrações de fenda única, de dupla fenda e de múltiplas fendas. Além disso, o plano de aula dessa atividade procurou discutir o CD como uma rede de difração, explicando sua estrutura, sua fabricação e seu funcionamento – ressaltando que as atividades foram planejadas tendo em vista aulas de EM e que também foram indicadas atividades práticas. Gostaria de destacar que Mion, Alves e Carvalho (2009), após analisarem as atividades desenvolvidas, afirmam considerar importante abordar objetos técnicos e o manuseio reflexivo dos mesmos em favor do diálogo, apesar do possível surgimento de alguns obstáculos, como a não percepção dos objetos técnicos enquanto produtos da ciência e tecnologia.

Catelli e Villas-Boas (2011) discutem aspectos relacionados ao disco rígido - HD (componente fundamental dos computadores) -, explorando de que forma conceitos básicos do eletromagnetismo estão relacionados ao movimento de seu braço de leitura/gravação. O intuito com essa proposta de trabalho foi subsidiar professores de física do EM. Já sobre os possíveis efeitos dessa abordagem, Catelli e Villas-Boas (2011) afirmam que, além de propiciar a manipulação de objetos que integram o mundo dos estudantes, ela pode aumentar o interesse desses sujeitos pelo estudo da física. Destaco, ainda, que os autores focam bastante o aspecto prático, sugerindo, inclusive, a confecção de um aparato para a visualização e para o estudo dos fenômenos envolvidos. Embora muitas vezes a descrição feita me pareça de difícil entendimento, Catelli e Villas-Boas (2011, p. 488) conjecturam que explorações como a proposta por eles: “poderiam contribuir – primeiro – para aumentar a motivação de alguns estudantes para a área das ciências exatas e – segundo – possibilitar a esses jovens que prossigam seus estudos já de posse de um esboço de linguagem técnica construído e operacional.”

Amantes e Borges (2011) apresentam uma análise do contexto de ensino de aulas de física dos primeiro e terceiro anos do EM de uma escola pública federal, onde uma unidade temática sobre o funcionamento da televisão (captura da imagem e do som, transformação em sinal elétrico e codificação, recepção e reprodução do sinal) foi trabalhada com os alunos. Embora não seja o foco central do trabalho, os autores analisam também a interação dos alunos com o material utilizado, o qual teve como objetivo abordar conteúdos de natureza científica e de natureza tecnológica de forma integrada, sendo os conceitos incorporados na medida em que eram importantes para o entendimento de algum processo ou fenômeno específico. Em relação à interação dos alunos com o material, os autores encontraram diferenças entre os comportamentos dos alunos do primeiro e do terceiro ano. Enquanto os alunos do primeiro ano aparentemente tiveram seu interesse intensificado pela abordagem, os alunos do terceiro ano, em geral, não se interessaram por ela, questionando sua relevância para o vestibular. Além disso, enquanto o foco dos alunos do primeiro ano foi a discussão de assuntos mais relacionados ao contexto científico escolar, o foco dos alunos do terceiro ano foi a discussão de aspectos mais voltados à tecnologia – ressaltando, sempre, que o trabalho foi desenvolvido em uma escola pública federal onde o ingresso é feito por processo seletivo.

Cavalcante, Peçanha e Leite (2011) abordaram a teoria das ondas, a percepção do som pelo ouvido humano, o uso do ultrassom em medicina e seu funcionamento. O foco dos autores, entretanto, foi apresentar um experimento que permite determinar a velocidade do som no ar através do eco – o qual permitiria também tratar conceitualmente a produção de imagens ultrassônicas. Para realizar o experimento são necessários tubos de PVC, um microfone e um software gratuito, o qual é utilizado para analisar o som captado. Por fim, Cavalcante, Peçanha e Leite (2011) afirmam que o experimento pode ser desenvolvido em qualquer escola, embora sejam necessários materiais que comumente não são encontrados nas instituições de ensino (como tubos compridos de PVC). Outro ponto a destacar é o de que o tratamento matemático apresentado acerca da teoria ondulatória me pareceu relativamente sofisticado.

Vollmer e Möllmann (2011) apresentam brevemente a história do desenvolvimento das câmeras de alta velocidade e discutem diversos aspectos tecnológicos envolvidos. Segundo os autores, por serem capazes de produzir imagens em "câmera lenta", as câmeras de alta velocidade permitiriam estudar processos que ocorrem rapidamente. Nesse sentido, crendo terem possibilitado o entendimento desse objeto tecnológico, Vollmer e Möllmann (2011) sugerem que experimentos de física relativamente sofisticados poderiam ser realizados. Por fim, ressalto que embora alguns conceitos físicos estejam envolvidos nas explicações, os autores se preocuparam, sobretudo, em discutir problemas práticos e elementos relacionados à tecnologia.

A partir desse levantamento construí a Tabela 2, onde apresento quais os objetos tecnológicos abordados, bem como quantos artigos discutem aspectos associados a cada um deles.

Tabela 2: Objetos tecnológicos abordados e quantidade de artigos que o fazem

OBJETO TECNOLÓGICO	QUANTIDADE DE ARTIGOS
Forno de microondas	4
Rádio	2
Mostrador de cristal líquido (LCD)	2
Telefone celular	2
Aparelho de ultrassom	1
Laser	1
CD	1
Televisão	1
HD de computador	1
Câmera	1

A partir dos dados apresentados na Tabela 2, é possível notar que ainda há muitos objetos tecnológicos contemporâneos - incluindo o aparelho de ressonância magnética - sobre os quais não foi encontrado registro de trabalhos que sugerem explicitamente sequências de ensino para o EM ou analisam os resultados de aplicação dessas sequências em sala de aula.

Ainda em relação aos 16 artigos selecionados, 13 deles sugerem atividades a serem desenvolvidas e as apresentam, dois deles analisam o desenvolvimento de atividades no EM (Amantes e Borges, 2011; Edwards, 2000) e um deles sugere, apresenta e desenvolve uma atividade, realizando também uma breve análise (Abdul-Razzak, Bushey e Winn, 2011). Dessa forma, creio necessária, sobretudo, a realização de mais trabalhos com o objetivo de testar propostas que abordem objetos tecnológicos contemporâneos no EM, trabalhos que investiguem e analisem os resultados obtidos em sala de aula.

Pude verificar também que dos 14 artigos que sugeriram atividades a serem desenvolvidas¹⁶, 11 (79%) indicaram atividades práticas que podem ser realizadas, ou seja, a realização de atividades práticas parece ser uma tendência em trabalhos que abordam objetos tecnológicos contemporâneos no ensino de física.

Por fim, ressalto que boa parte dos artigos analisados explicitamente sugeriu e/ou verificou (após abordar a sequência de ensino com estudantes) que estabelecer possíveis

¹⁶ 13 trabalhos que apenas sugeriram atividades mais o que sugeriu, aplicou e analisou (Abdul-Razzak, Bushey e Winn, 2011).

relações entre os conteúdos da física e elementos de objetos tecnológicos contemporâneos pode favorecer a apresentação da física como uma disciplina relacionada a aspectos do mundo material e levar a uma maior participação dos estudantes em sala de aula.

1.2. Sobre Física Moderna e Contemporânea: ensino, linguagem e mídia

Akrill (1991)¹⁷ *apud* Sun e Lau (1996) afirma que os desenvolvimentos da física podem ser divididos em três períodos: a Física Clássica, ou seja, a física de Newton e a teoria do Eletromagnetismo; a Física Moderna, que teria se iniciado no final do século XIX, englobando, portanto, a teoria da Relatividade de Einstein e a Mecânica Quântica; e a Física Contemporânea, que englobaria os desenvolvimentos ocorridos após a Segunda Guerra Mundial. No Brasil, a grande maioria dos pesquisadores em ensino de física adota a expressão Física Moderna e Contemporânea (FMC) para designar os desenvolvimentos da física ocorridos a partir do final do século XIX. Dessa forma, assim o faço também neste trabalho.

O funcionamento de boa parte dos objetos tecnológicos contemporâneos está baseado em conceitos de FMC, especialmente de Física Quântica (FQ). Terrazan (1992, p. 1) afirma que: “aparelhos, artefatos e fenômenos cotidianos em uma quantidade muito grande apenas são compreendidos se alguns conceitos estabelecidos a partir do século XX forem utilizados.”.

A importância de abordar tópicos de FMC no Ensino Médio (EM) vem sendo sugerida por muitos pesquisadores em ensino de física: Terrazan (1992), Cuppari *et al.* (1997), Valadares e Moreira (1998), Ostermann (1999), Ostermann e Cavalcanti (1999), Pinto e Zanetic (1999), Machado e Nardi (2007), Guerra, Braga e Reis (2007), Silva e Almeida (2011), entre muitos outros.

E uma das justificativas apresentadas para que se efetive no EM o ensino de tópicos de FMC e, em especial, de FQ, é a importância desses conhecimentos para o desenvolvimento tecnológico. Valadares e Moreira (1998), por exemplo, afirmam que seria:

[...] imprescindível o estudante do EM conhecer os fundamentos da tecnologia atual, já que atua em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional. O que justifica a importância de incluir conceitos básicos da Física Moderna e, em especial, de se fazer uma ponte entre a Física da sala de aula e a Física do

¹⁷ AKRILL, T. *Physics Education*, v. 26, p. 81-87, 1991.

cotidiano (computador, mostradores de cristal líquido, leitores ópticos, xerox, impressora laser, portas e torneiras automáticas, controle remoto, laser em Medicina, fibras ópticas, etc.). p. 1.

Assim, parece haver consonância entre as propostas de trabalhar a FMC no EM e de explicitar as relações entre os conteúdos da física e os objetos tecnológicos contemporâneos. Afinal, ao abordar tópicos de FMC no EM, há a possibilidade de relacioná-los a aspectos do funcionamento de objetos tecnológicos contemporâneos. Da mesma forma que discutir no EM aspectos do funcionamento de objetos tecnológicos contemporâneos passa, provavelmente, pela necessidade de abordar tópicos de FMC. Ou seja: considero que explicitar as relações entre a física e os objetos tecnológicos contemporâneos, além de possivelmente contribuir para a apresentação de elementos culturais da física associados a aspectos do mundo material e de estimular uma maior participação por parte dos estudantes, também pode favorecer a introdução de tópicos de FMC no EM.

Lima e Rappoport (2009) comentam sobre a relação entre FMC, os objetos tecnológicos que fazem parte de nossas vidas e o interesse dos estudantes:

Descobriram o transistor na década de 50, então, até um pouco antes disso, ensinar apenas as Leis de Newton e circuitos elétricos satisfazia. Hoje em dia deve ser ensinado a eles mais um pouco de Física Moderna; aprender um pouco dessa parte da física possibilitaria entender melhor como funciona tudo que eles vêem no dia-a-dia. Os alunos não têm idéia básica do funcionamento do computador, não sabem como os dados são armazenados no disco; daqui a pouco eles não vão saber nem como as lâmpadas das casas deles funcionam, porque estão sendo substituídas por LEDs. Existe uma distância entre o que eles aprendem e a curiosidade deles, então, é claro que eles vão se desinteressar. Os alunos estão cheios de dúvidas sobre como tudo funciona e a escola só mostra “a bolinha que desce o plano inclinado”. p. 2.

Embora haja muitas justificativas para a inserção de tópicos de FMC no EM, há que se atentar para o fato de que esses conteúdos são produzidos numa linguagem matemática extremamente sofisticada, a qual costuma ser de difícil compreensão por parte de alunos iniciantes, afinal, eles estão acostumados a se expressar e a elaborar seus pensamentos na chamada linguagem comum (ALMEIDA e MOZENA, 2000, p. 427).

Dessa forma, uma possível alternativa é tentar abordar a FMC utilizando textos com pouca ou nenhuma linguagem matemática. Nesse caso, uma opção são os textos de divulgação científica, o que parece fazer bastante sentido, afinal, o uso desses textos possibilitaria contornar o empecilho da linguagem matemática, favorecendo a interação dos estudantes do EM com tópicos científicos relevantes e atuais.

Germano e Kulesza (2007) ressaltam a importância do processo de divulgação do conhecimento científico:

A ciência e a tecnologia, como qualquer outra produção cultural, é patrimônio da humanidade. Seus prejuízos sempre serão divididos igualmente com todos, mas os benefícios estão restritos a apenas alguns. O conhecimento científico é a forma mais eficaz de poder que conseguimos inventar. Não é justo, nem seguro que fique aos cuidados de algumas poucas nações ou indivíduos. p. 21-22.

Já Trópia (2008) afirma que a divulgação científica poderia ser também um caminho para a inserção de tópicos como os da FMC na escola básica:

A produção científica vem crescendo cada vez mais e instituições como a escola, em geral, não conseguem tão rapidamente contemplar esses novos saberes em seu currículo. Vê-se o caso da Física Moderna, que em um século de produção de conhecimento, ainda é pouco discutida nas escolas básicas. Assim, a divulgação científica seria um caminho em que os próprios cientistas poderiam divulgar os conhecimentos produzidos em suas pesquisas recentes para o público leigo. p. 2.

Embora existam professores e pesquisadores que acreditam na impossibilidade de se ensinar tópicos de FMC sem a utilização do complexo formalismo matemático envolvido, prefiro acreditar na ideia contrária, como parece ser a posição defendida pela maioria dos pesquisadores em ensino de física.

Vale lembrar também que os estudantes costumam ter acesso a assuntos relacionados à FMC através da televisão, da *internet*, de revistas, etc., afinal, é bastante comum por parte desses meios de comunicação a divulgação de "avanços", de "grandes descobertas" da ciência contemporânea - o que pode contribuir para a manutenção dos imaginários de que a ciência é

neutra, de que ela só traz progresso e de que os cientistas são gênios trabalhando individualmente. Nesse sentido, essa influência da mídia sobre a população pode favorecer a cristalização de erros conceituais (XAVIER e KERR, 2004, p. 327).

Xavier e Kerr (2004) afirmam ainda que:

O poder que esses meios de comunicação têm de influenciar a formação das pessoas é muito grande e pode atingir todos os segmentos da sociedade. Os reflexos sobre as concepções dos alunos são diretos, como leitores, ou indiretos, através dos canais sociais pelos quais ocorre a difusão das informações jornalísticas. Daí, a importância deste tema ser abordado adequadamente [...] p. 344.

Acredito que a presença desses assuntos na mídia é um aspecto que não pode ser negligenciado pela escola. E, embora possa favorecer o desenvolvimento de concepções alternativas, pode servir também como elemento desencadeador de interesse por permitir a conexão entre o que se ensina na escola e elementos sócio-culturais. Logo, creio que uma possibilidade seria trabalhar esses assuntos mais atuais da ciência em sala de aula, o que se justifica por propiciar, possivelmente, uma participação mais efetiva dos estudantes nas discussões e pela possibilidade de, na escola, esses tópicos serem abordados de forma mais rigorosa.

Outra consequência causada pela relação mídia/educação foi apontada por Nascimento (2005b, p. 16), que afirma que a exploração de novidades científicas pelos meios de comunicação "acaba por criar uma demanda no contexto escolar para que professores e os próprios materiais didáticos estejam sempre atualizados."

Como a escola não está assumindo o papel de informar e de formar os estudantes a respeito de tópicos científicos atuais, a mídia ou mesmo outras instituições parecem estar desempenhando esse papel. Silva e Kawamura (2001), por exemplo, destacam a busca da população por uma melhor compreensão de sua realidade:

Proliferam revistas, seções de jornais, programas multimídias, vídeos, filmes, exposições, palestras etc., com o objetivo de saciar os anseios de uma população, curiosa e angustiada, diante de transformações espantosamente rápidas em seu modo de vida, que parecem estar buscando, no conhecimento

dessas transformações, elementos para uma melhor compreensão de sua realidade. p. 316.

Essencial nessa discussão sobre quais conteúdos de física seria interessante trabalhar no EM, é a questão de qual deveria ser a função atual do EM no Brasil e, nesse contexto, qual deveria ser a função da física.

Sem refletir a respeito da primeira - por ser demasiadamente ampla, fugindo do escopo desta pesquisa -, especificamente sobre a segunda questão, concordo com Zanotello e Almeida (2007, p. 438) quando afirmam que o EM é o momento "ideal para que as pessoas adquiram um conhecimento básico em física que lhes seja culturalmente significativo, ainda mais quando se considera que este é o único momento em que a maioria dos estudantes terá contato com a física em sua educação escolar." Além disso, acredito que nessa etapa da escolarização seria interessante incentivar reflexões críticas mais embasadas a respeito dos assuntos controversos divulgados pela mídia. Sobre isso, Silva e Kawamura (2001, p. 318) afirmam que "o impacto das informações veiculadas nos meios de comunicação é muito forte e, mesmo assim, quase nunca os indivíduos questionam a sua veracidade e tampouco refletem sobre as possíveis consequências dessas informações em suas vidas."

1.3. Os estudos sobre leituras de divulgação científica

Como minha proposta foi trabalhar com estudantes do Ensino Médio (EM) alguns fundamentos, conceitos físicos envolvidos e aspectos do funcionamento da ressonância magnética a partir da leitura de um texto de divulgação científica, creio ser importante a realização de um levantamento acerca de trabalhos cuja temática é leitura de textos de divulgação científica (DC) no ensino.

Para isso, busquei artigos científicos em alguns dos principais periódicos da área de ensino de física/ciências: Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Educação, Ciência & Ensino, Ciência em Tela, Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, Experiências em Ensino de Ciências, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC) e Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC). A busca foi realizada em todas as edições publicadas antes

de junho de 2013 e teve como objetivo encontrar trabalhos que se enquadrassem em ao menos uma das seguintes categorias:

- a) Trabalhos teóricos sobre DC ou sobre textos de DC;
- b) Trabalhos que realizam revisões bibliográficas sobre DC na área de ensino de ciências;
- c) Trabalhos que analisam aspectos de um ou de uma amostra de textos de DC;
- d) Trabalhos com leitura de textos de DC desenvolvidos no ensino formal básico (Ensino Fundamental e Médio, incluindo Educação de Jovens e Adultos).

A Tabela 3 apresenta os artigos selecionados, bem como em qual categoria cada um foi alocado e em qual periódico eles foram publicados.

Tabela 3: Artigos científicos encontrados em cada categoria e periódicos em que foram publicados

Categoria	Artigo	Periódico
a) Trabalhos teóricos sobre divulgação científica ou sobre textos de divulgação científica <i>5 artigos</i>	Almeida e Ricon (1993)	Cad. Bras. Ensino de Física
	Nascimento (2005a)	Ensaio
	Silva (2006)	Ciência & Ensino
	Germano e Kulesza (2007)	Cad. Bras. Ensino de Física
	Nascimento (2008)	Ciência em Tela
b) Revisões bibliográficas <i>2 artigos</i>	Nascimento e Rezende Junior (2010)	Invest. Ensino de Ciências
	Ferreira e Queiroz (2012a)	Alexandria
c) Trabalhos que analisam aspectos de um ou de uma amostra de textos de divulgação científica <i>18 artigos</i>	Martins (1998a)	Cad. Bras. Ensino de Física
	Martins (1998b)	Cad. Bras. Ensino de Física
	Silva (1998)	Ciência & Ensino
	Martins, Cassab e Rocha (2001)	RBPEC
	Xavier e Kerr (2004)	Cad. Bras. Ensino de Física
	Nascimento (2005b)	RBPEC
	Bellini e Frasson (2006)	Ciência & Educação
	Bertolli Filho (2007)	Ciência & Educação
	Goldbach e El-Hani (2008)	Alexandria
	Trópia (2008)	Ciência & Ensino

	Pinto (2009)	Ensaio
	Strack, Loguércio e Pino (2009)	Ciência & Educação
	Gomes, Fusinato e Neves (2010)	Ciência & Educação
	Kemper, Zimmermann e Gastal (2010)	RBPEC
	Pereira e Terrazan (2011)	Ciência & Educação
	Ferreira e Queiroz (2012b)	REEC
	Marchi, Albuquerque e Leite (2012)	REEC
	Urias e Assis (2012)	Cad. Bras. Ensino de Física
d) Trabalhos com leitura de textos de divulgação científica desenvolvidos no ensino formal básico <i>6 artigos</i>	Silva e Kawamura (2001)	Cad. Bras. Ensino de Física
	Martins, Nascimento e Abreu (2004)	Invest. Ensino de Ciências
	Silva e Almeida (2005)	REEC
	Zanotello e Almeida (2007)	RBEF
	Nigro (2010)	REEC
	Nigro e Trivelato (2010)	Invest. Ensino de Ciências
TOTAL	31	10 periódicos

Como apresentado na Tabela 3, há predominância de trabalhos que analisam teoricamente aspectos de textos de DC. Por outro lado, há carência de trabalhos que desenvolvem atividades com esses textos em sala de aula, os quais considero de suma importância na compreensão dos limites e possibilidades da utilização dessa estratégia de ensino.

Passo agora a descrever aspectos do que dizem os artigos selecionados seguindo a ordem em que estão apresentados na Tabela 3 (cronologicamente dentro de cada categoria).

Almeida e Ricon (1993) discutem questões relacionadas ao uso de textos de DC em aulas de física. Segundo os autores, não é simples aliar rigor científico a linguagem acessível, por isso certo afrouxamento no rigor científico e superficialidade ao tratar os assuntos por parte desses textos poderiam ser compensados pela abrangência e visão global propiciados por eles. Além disso, esses fatores possibilitariam à maioria da população o acesso a “ocorrências e controvérsias da Ciência e da Tecnologia” (p. 8). Concluindo, Almeida e Ricon (1993) sugerem que não se devem esperar resultados imediatos a partir da utilização de textos em sala de aula e destacam a necessidade de modificar práticas comumente associadas à leitura na

escola, tais como: valorizar a busca por informações contidas no texto, desconsiderando as interpretações do estudante, e realizar avaliações baseadas na memorização de informações obtidas a partir da leitura.

Nascimento (2005a), tendo como referenciais teóricos as epistemologias de Fleck e Bachelard e noções da Análise de Discurso iniciada por Pêcheux, procurou analisar a produção da DC, sua inserção no ambiente escolar e possíveis dificuldades na aprendizagem de conceitos científicos quando se utilizam textos de DC. Segundo a autora, “as formações imaginárias e ideológicas que os autores fazem tanto de sua audiência quanto do seu objeto de escrita” influenciam na produção dos textos (p. 8). Além disso, a adaptação do conhecimento científico para um público leigo, a partir da inserção de estruturas linguísticas ou eliminação de terminologias próprias do discurso científico, poderia se constituir como um entrave para a aprendizagem de conceitos na educação formal, pois de acordo com a linguagem utilizada, “os conceitos científicos poderão ser confundidos, complicados ou até mesmo veiculados de forma errada” (p. 10). Nascimento (2005a) alerta ainda para o fato de que textos de DC não são necessariamente escritos com o intuito de serem levados para a sala de aula, o que poderia contribuir para a constituição de obstáculos pedagógicos.

Silva (2006) procura discutir o que é DC. Segundo o autor, “atividades de divulgação científica surgiram junto com a própria ciência moderna” (p. 54), sendo difícil definir o que é “interno” e o que é “externo” a ela, pois se trata de uma prática social com muitos atores envolvidos (não só cientistas). Silva (2006) chama atenção para o fato de que, dada a especialização da atividade científica atual, a DC também está associada à interlocução entre cientistas de diferentes campos. Por fim, ele afirma que a circulação do conhecimento científico é controlada através do modo como ele é produzido e formulado.

Germano e Kulesza (2007) procuraram analisar os termos vulgarização da ciência, alfabetização científica, DC e popularização da ciência, objetivando reconhecer diferenças e semelhanças entre os conceitos a eles associados. Os autores apontam que embora o verbo “vulgarizar” possa estar relacionado a tornar conhecido, pode também, estar associado à ideia de vulgar, o que poderia dar à expressão “vulgarização da ciência” certo tom pejorativo. Já o conceito de alfabetização, diferentemente dos outros, estaria mais ligado ao ensino formal, logo, alfabetizar cientificamente teria como implícito a ideia de trabalhar com indivíduos já alfabetizados (os analfabetos estariam excluídos). Quanto ao termo DC, os autores afirmam

que ele é o mais comumente utilizado no Brasil. Entretanto, após analisarem os significados da palavra “comunicar”, Germano e Kulesza (2007) afirmam que a expressão “divulgação científica” reforça a ideia de transmissão, de doação do conhecimento daqueles que o detêm para os que não o detêm. Por fim, pautados na ideia de uma educação libertadora, os autores defendem o uso do termo popularização da ciência, o qual designaria uma recriação do conhecimento científico com a intenção de torná-lo acessível ao povo.

Nascimento (2008) apresenta como alguns jornalistas, cientistas e educadores concebem a DC, mostrando a pluralidade de compreensões desse conceito. Segundo a autora, o importante jornalista científico Wilson da Costa Bueno define a DC como a popularização de conhecimentos científicos e tecnológicos a um público de não-especialistas. Já a física e divulgadora Ana Maria Sánchez Mora definiria a DC como uma recriação do conhecimento científico que tem o intuito de torná-lo acessível ao público. Após discussões mais aprofundadas, Nascimento (2008) reafirma a polissemia do conceito de DC, não vendo problemas nisso. Entretanto, alerta para a necessidade do professor “ter claro o que ele considera como sendo DC e qual a perspectiva em que ele pretende trabalhar a DC no ensino formal” (p. 6).

Nascimento e Rezende Junior (2010) realizaram uma revisão de literatura sobre DC na área de educação em ciências. Para isso, consultaram anais de eventos, periódicos e bancos de teses e dissertações entre 1997 e 2007. Os autores identificaram três principais temáticas: educação formal, educação não-formal e teóricos sobre DC no ensino (incluindo revisões bibliográficas). Mais especificamente sobre textos de DC, Nascimento e Rezende Junior (2010) afirmam que suas linguagem justificariam e facilitariam a introdução deles em ambientes formais de ensino e que a atualização dos conhecimentos ensinados na escola poderia estar relacionada ao uso desses materiais. Concluindo, os autores afirmam ainda serem escassos estudos empíricos a respeito do uso de textos de DC em sala de aula, apontando para a necessidade de que se compreenda mais profundamente o funcionamento desse recurso.

Ferreira e Queiroz (2012a) realizaram uma revisão bibliográfica a respeito de textos de DC no ensino de ciências, distinguindo cinco temáticas: seleção, caracterização e/ou análise de textos de DC para fins escolares; experiências em salas de aula de ciências com textos de DC; formação de professores e o uso de textos de DC em contextos escolares; ponderações sobre DC e suas implicações no ensino de ciências; e estado da arte das pesquisas relacionadas à

DC. A partir da pesquisa desenvolvida pelas autoras, podemos destacar algumas de suas considerações: importância da mediação do professor ao utilizar textos de DC; certo direcionamento implícito de revistas de DC a professores e alunos; textos desse gênero podem favorecer a aprendizagem de conceitos científicos; alunos têm dificuldades de interpretação por não estarem acostumados a lerem em aulas de ciências; a leitura de textos de DC pode favorecer o desenvolvimento das capacidades de argumentação e de resolução de problemas. Por fim, Ferreira e Queiroz (2012a) também destacam certa carência e consequente necessidade de mais pesquisas empíricas sobre o funcionamento de textos de DC em sala de aula.

Martins (1998a) e Martins (1998b), tomando como exemplo uma análise do livro “A dança do universo: dos mitos de criação ao big-bang”, do físico e divulgador Marcelo Gleiser, discute a dificuldade em se apresentar com rigor conceitos da Física Clássica e da Física Moderna em obras de DC. Embora o autor defenda a disseminação da cultura científica, sobretudo, para atrair novos talentos para a área de pesquisa, ele afirma que comumente autores de obras de DC são mal vistos pela comunidade de produtores da ciência. Após discutir diversos equívocos na obra analisada, Martins procura apontar dois motivos que levariam à falta de rigor em obras de DC: pessoas escrevendo sobre algum tema que fuja ao seu domínio e a busca por comparações, analogias e uma linguagem mais compreensível. Por fim, considera interessante um trabalho que vise localizar e discutir com os alunos equívocos presentes em textos desse gênero.

Silva (1998) analisa o potencial dialógico intrínseco do texto de DC “A gravidade” (escrito pelo físico Hans C. von Baeyer) para a aprendizagem de física, tendo como referenciais teóricos a Análise de Discurso iniciada por Pêcheux e a epistemologia de Bachelard. O autor buscou caracterizar o leitor virtual do texto e, por fim, apontar questões a serem consideradas na seleção de textos para serem trabalhados em sala de aula, tais como:

[...] o interesse e motivação dos alunos pelo tema do curso, a geração de debates e polêmicas, a apresentação de aspectos da produção da ciência e tecnologia, de aspectos do contexto histórico-social da produção do conhecimento científico, a introdução de conteúdos de maior relevância social, a série, o lugar dos textos no curso, a relação dos textos com outros recursos como vídeo e experimentação. p. 10.

Silva (1998) ressalta também que o funcionamento dos textos de DC em sala de aula depende das condições de produção imediatas e históricas.

Martins, Cassab e Rocha (2001) discutiram o processo de recontextualização discursiva sofrido por um texto de DC da revista “Ciência Hoje” adaptado para um livro didático de biologia de EM. Segundo os autores, tanto o texto da revista (de forma mais marcante) como o texto didático adaptado a partir dele apresentaram: grande concentração de termos léxicos numa mesma sentença, o uso de expressões características de um domínio de conhecimento e o uso de metáforas. O texto didático seria mais descritivo, mais objetivo, menos argumentativo, já o de DC seria mais problematizador, abrindo maior espaço para discussão. Martins, Cassab e Rocha (2001) afirmam que, de forma geral, as adaptações realizadas preservaram o sentido do texto original - embora tenha havido eliminação, reordenação e acréscimo de informações e substituição de termos específicos por termos mais próximos da linguagem do cotidiano. Além disso, segundo os autores, se por um lado essas operações tornaram o texto do livro didático mais acessível, por outro, fizeram com que a atividade científica fosse apresentada como neutra, objetiva e em busca da verdade. Por fim, os autores destacam ainda a importância do papel mediador do professor quando da utilização desses materiais em sala de aula.

Xavier e Kerr (2004) analisaram o tratamento dado ao “efeito estufa” pelos jornais “Folha de São Paulo” e “O Estado de São Paulo” e pelas revistas “Veja”, “Época”, “Superinteressante” e “Galileu”. Segundo os autores, os artigos que tratam o tema de maneira mais adequada seriam, em geral, aqueles escritos por cientistas ou que têm a participação desses. Além disso, muitos textos tratariam as questões de maneira sensacionalista, o que estaria diretamente relacionado à questão comercial. Xavier e Kerr (2004) destacam ainda que trabalhar com informações atuais pode motivar os alunos e auxiliá-los no desenvolvimento de suas cidadanias e capacidades de diálogo e crítica. Mesmo as falhas ou distorções presentes nos textos poderiam ser trabalhadas em sala de aula.

Nascimento (2005b) analisou os discursos de um texto de DC sobre clonagem e de um texto de livro didático adaptado a partir dele. O uso em sala de aula de textos que divulgam elementos da ciência possibilitaria uma articulação com as informações científicas divulgadas na mídia, atualizando os conteúdos abordados. Poderiam funcionar também como “elementos motivadores ou estruturadores da aula; desencadeadores de debate; contextos para a aquisição

de novas práticas de leitura; interlocutores com outras áreas do conhecimento; elementos que estabelecem relações com o cotidiano dos estudantes; organizadores de explicações.” (p. 16). Emprestando as ideias de Zamboni (2001), Nascimento (2005b) afirma que num texto de DC temos a superposição de traços de cientificidade, laicidade e didaticidade. Além disso, esses textos tratariam de ciência e tecnologia abrindo-se a recursos linguísticos, como analogias e simplificações, e a procedimentos discursivos como “a recuperação de conhecimentos tácitos, a segmentação da informação, fórmulas de envolvimento, a presença de procedimentos explicativos, busca de credibilidade e a interlocução direta com o leitor.” (p. 17-18). Após a realização da análise objeto do estudo, a autora afirma que a inserção adaptada de textos de DC no livro didático cumpre a função de apresentar assuntos atuais nesse material altamente estável e conservador. Por fim, ela destaca ainda o fato de que os textos de DC têm como finalidade informar conhecimentos científicos e tecnológicos a um público amplo sem qualquer intuito explícito de ensinar conceitos científicos – o que seria a finalidade dos textos de livros didáticos.

Bellini e Frasson (2006) analisaram os discursos sobre HIV/Aids por meio das figuras de linguagem presentes em textos de DC e em textos didáticos. Segundo as autoras, nos textos de DC por elas examinados, o discurso não é propriamente “pedagógico”, mas mantém as metáforas e os conceitos da área científica, o que propiciaria um trabalho voltado para o ensino. Já os textos didáticos analisados apresentariam uma perspectiva simplificada dos temas, não permitindo o movimento cognitivo em direção aos modelos aceitos cientificamente.

Bertolli Filho (2007) analisou características de alguns livros de DC em ciências biológicas que obtiveram sucesso no Brasil. Ele aponta três possíveis dimensões para o aproveitamento didático da DC: levar os estudantes a reconhecer as estratégias utilizadas na produção textual direcionada para a sociedade em geral, as quais formatariam visões da ciência e dos cientistas; favorecer a comparação entre as mensagens da DC e dos livros didáticos; e fomentar a discussão sobre condicionantes políticas, econômicas e sociais das ciências, quase sempre não abordadas na escola.

Goldbach e El-Hani (2008) discutem o uso de metáforas relacionadas ao conceito biológico de “gene” nas revistas de DC “Ciência Hoje”, “Superinteressante”, “Galileu” e “Scientific American – Brasil”. Além de identificarem as metáforas, os autores examinaram

sua relação com o entorno textual. Após apresentarem aspectos positivos e negativos do uso de metáforas no ensino, Goldbach e El-Hani (2008) verificaram que as metáforas presentes nos textos analisados frequentemente veiculavam visões equivocadas, especialmente por apontarem como determinísticas as relações entre genes, desenvolvimento e características observáveis.

Trópia (2008) analisa o discurso de um texto de DC sobre neurociência a partir do referencial teórico da Análise de Discurso de linha francesa. Para o autor, o discurso de DC deveria levar o público leigo a se relacionar com a produção científica, mas não de maneira simples ou neutra e sim através de uma “relação reflexiva e crítica sobre a produção científica e seus efeitos na sociedade.” (p. 5). Após realizar a análise do texto selecionado, Trópia (2008) conclui que o discurso determinista presente nele silenciaria outros discursos, os quais produziriam sentidos que apontam para a complexidade do comportamento humano e, portanto, negariam a total determinação deste pelo sistema nervoso.

Strack, Loguércio e Pino (2009) estudaram quais as opiniões de professores de ensino superior sobre obras de DC. Segundo os autores, a necessidade de que o autor de um texto de DC seja uma autoridade na área – como forma de legitimidade - é uma questão discutível. Mais especificamente sobre as posições dos sujeitos da pesquisa, foi verificado que a literatura de DC foi bem aceita por eles, mas que seu uso como recurso didático é desconhecido ou questionado, ou seja, a DC foi valorizada pelos professores de ensino superior como um instrumento informativo e não como um instrumento formativo em ciências.

Strack, Loguércio e Pino (2009) apresentam também uma análise bastante interessante da relação entre ciência, DC e poder. Segundo os autores:

[...] manter uma disciplina científica, com seu código e sua linguagem, exige a formação de iguais em competência. A ciência busca esses possíveis iguais na sociedade em geral e na escola básica: a investigação científica faz um apelo ao ensino como seu complemento necessário. Pois é necessário ao cientista um destinatário que possa, por sua vez, ser um remetente, que seja um parceiro. [...] É complexo e paradoxal esse acesso da sociedade à ciência, pois é preciso divulgar os fatos, as obras, os entendimentos da ciência para a sociedade em geral, mas se a sociedade dominar os códigos científicos, a ciência perde seu

estatuto de poder. Portanto é preciso informar sem divulgar os códigos, sem empoderar. p. 427-428.

Pinto (2009) analisa as potencialidades didáticas das obras de DC “2001 – Odisséia no espaço”, “Contato”, “Meninos da planície” e “O dilema do bicho-pau”, nas quais a narrativa priorizaria a apresentação dos processos da ciência, do fazer científico e das contradições envolvidas nessa prática. Obras escritas nesse sentido foram denominadas pelo autor como “divulgação científica não canônica”. Esse tipo de DC:

[...] centraliza o foco da atenção do leitor nas contradições e conflitos existenciais dos personagens, ao passo que a divulgação científica canônica é impessoal e nela não há personagens específicos, com vida própria, recaindo a narrativa sobre os conceitos. Assim, os sujeitos não aparecem, pois o foco é centralizado na divulgação de conceitos e fatos da ciência. p. 6.

Além disso, na DC não canônica os conteúdos estariam implícitos, não haveria descrição em demasia e o discurso da ciência seria um meio para propiciar reflexões sobre grandes inquietações da alma humana. Segundo Pinto (2009) as obras selecionadas suscitam novas potencialidades para o ensino de ciências por contemplarem as características relacionadas à DC não canônica. Em especial, destaca o autor, a obra “Meninos da planície” contribuiria para a reflexão sobre a humanização dos sujeitos.

Gomes, Fusinato e Neves (2010), a partir do referencial teórico da Análise de Conteúdo, analisaram as concepções alternativas sobre força e movimento presentes na revista de DC “Superinteressante”. Para isso, os autores categorizaram essas concepções em aristotélica, newtoniana ou indefinida. Além de observarem vários erros conceituais, imprecisões na utilização de conceitos científicos e definições inadequadas de leis da física, Gomes, Fusinato e Neves (2010) encontraram muitas concepções da relação entre força e movimento que classificaram como indefinidas, o que poderia, ainda segundo os autores, ter como explicação o fato de que os artigos dessa revista são escritos por jornalistas, os quais se apoiariam em opiniões de cientistas, tornando, então, a maioria das reportagens uma mescla de conceitos.

Kemper, Zimmermann e Gastal (2010) analisaram as potencialidades e limitações do uso didático de artigos sobre o conceito biológico de evolução publicados nas revistas de DC

“Galileu” e “Superinteressante”. As autoras ressaltam que embora a DC não seja responsável pela educação em ciências ela pode contribuir para isso, especialmente, para o letramento científico. Lembrando que os textos de DC fazem parte de revistas comerciais, Kemper, Zimmermann e Gastal (2010) verificaram que as matérias analisadas utilizam muitos artifícios estéticos, provavelmente para atrair o leitor. A linguagem da revista Superinteressante foi considerada mais informal que a da revista Galileu. Além disso, em vários momentos, as linguagens adotadas pelas revistas seriam sensacionalistas ou extraordinárias, de novo, provavelmente, por questões comerciais. Por fim, as autoras ressaltam: que seria interessante o professor escolher o material de DC tendo em vista a possibilidade de inserção no currículo escolar; que os textos de DC podem favorecer a reflexão sobre os valores associados à ciência; e que não é próprio apenas de textos desse gênero apresentar equívocos - os textos de livros didáticos, por exemplo, também os apresentariam.

Sobre a polissemia que envolve a veiculação de assuntos sobre a ciência, Kemper, Zimmermann e Gastal (2010) afirmam que difusão científica, jornalismo científico, DC, popularização da ciência, comunicação científica, vulgarização da ciência, e disseminação científica:

[...] são os vários termos que se referem à veiculação de assuntos relativos à ciência e à tecnologia em diferentes meios de comunicação. Além disso, a expressão “divulgação científica” comporta as mais diversas atividades, tais como as realizadas por museus, planetários, zoológicos, aquários, jardins botânicos, sítios e monumentos naturais, arqueológicos e etnográficos ou, ainda, como as trocas de informações feitas entre cientistas em instituições de pesquisa, a elaboração de livros e de outros informativos por parte de cientistas e várias outras, inclusive as jornalísticas. [...] A comunicação científica para o público em geral, como é o caso das matérias veiculadas em revistas como Galileu, Superinteressante e outras, tem gerado acaloradas discussões e não se chegou a um consenso sobre como denominá-la. p. 26.

Pereira e Terrazan (2011) analisaram a potencialidade de textos multimodais (com mais de uma modalidade semiótica - linguagem verbal, sons, imagens, cores, gestos, etc.) de popularização científica na melhoria do ensino de ciências para crianças. Para isso, foram adotados como referencial teórico os critérios da Representação Experiencial, como propostos

por Kress e Van Leeuwen. Após analisarem textos publicados na revista “Ciência Hoje das Crianças”, os autores afirmam que os artigos analisados fazem uso, ainda que limitado, da multimodalidade, assim, a leitura multimodal seria demandada como habilidade prévia por parte do leitor. No caso do ensino de ciências para crianças, a mediação do professor nesse tipo de leitura seria fundamental. Consequentemente, Pereira e Terrazan (2011) sugerem que seja necessário capacitar melhor os professores em relação à leitura multimodal.

Ferreira e Queiroz (2012b), tendo como referencial a Análise de Discurso de linha francesa, analisaram características discursivas presentes em textos de química publicados na revista de DC “Ciência Hoje”. Ao analisarem os traços de cientificidade (típicos do discurso científico), de laicidade (típicos do discurso do cotidiano) e de didaticidade (típicos do discurso didático), as autoras identificaram a ocorrência de textos com predomínio de diferentes traços. Dessa forma, concluíram que tais distinções são positivas do ponto de vista didático, pois professores que pretendem trabalhar conceitos a partir de uma linguagem mais atrativa e acessível optariam por textos com alto grau de didaticidade; já professores que pretendem apresentar conteúdos de maneira contextualizada, relacionada à vida dos alunos, optariam por textos com alto grau de laicidade; enquanto que professores que pretendem evidenciar a metodologia e as aplicações científicas, optariam por textos com alto grau de cientificidade. Outra opção seria escolher textos com equilíbrio entre esses traços.

Já Marchi, Albuquerque e Leite (2012) analisaram como uma matéria da revista Veja e um artigo do Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira abordaram a reclassificação do corpo celeste Plutão. O texto da revista foi permeado por sensacionalismo, superficialidade, simplificação, fragmentação e presença de conceitos equivocados, no entanto, utilizou uma linguagem mais acessível a um público não/pouco conhecedor do assunto. O artigo, por sua vez, por possuir uma linguagem mais científica e apresentar o assunto de maneira mais rigorosa, poderia ser utilizado, segundo as autoras, de maneira complementar ao texto da revista, propiciando maiores esclarecimentos e a desconstrução de equívocos. Por fim, Marchi, Albuquerque e Leite (2012) destacam que o tema escolhido pode evidenciar a ciência como um empreendimento histórico, transitório e em construção. Além disso, por serem de diferentes naturezas, os textos analisados permitiriam a ampliação do mundo de leitura dos alunos e o conhecimento de variadas fontes de informação e da maneira como elas a veiculam.

Urias e Assis (2012), amparados em ideias apresentadas por Douglas Allchin, compararam a abordagem adotada por dois livros de DC: “Albert Einstein e seu universo inflável” (Mike Goldsmith) e “Einstein: sua vida, seu universo” (Walter Isaacson). Como Isaacson teria tido acesso ao acervo pessoal de Einstein, os autores creditam à sua obra maior crédito, tomando-a, então, como parâmetro para examinar a outra. As análises realizadas por Urias e Assis (2012) indicaram que o livro escrito por Goldsmith suprime detalhes relevantes e possui trechos em que Einstein é idealizado enquanto cientista genial e enquanto pessoa. Ao fazer isso, Goldsmith estaria contribuindo para: “mistificar ainda mais a visão popular do cientista, que, trancado em seu gabinete, emprega grande esforço mental, sozinho, no anseio do momento ‘ahá’, que culminará em uma grande descoberta.” (URIAS e ASSIS, 2012, p. 225)

Silva e Kawamura (2001) discutiram os resultados obtidos após a utilização de textos de DC sobre a natureza da luz no EM. Segundo os autores, como esses textos geralmente tratam de assuntos atuais, é provável que a atualização dos conhecimentos abordados na escola se torne consequência de seu uso em sala de aula. Silva e Kawamura (2001) ressaltam que inicialmente houve certa recusa pela leitura sugerida devido ao tamanho do texto e a um possível preconceito em relação à própria atividade. Além disso, foram verificados dificuldade de concentração e vocabulário insuficiente por parte dos alunos, o que apontaria, ainda segundo os autores, para a urgente necessidade de se trabalhar a leitura em aulas de ciências.

Martins, Nascimento e Abreu (2004) discutiram o uso didático de um texto de DC da revista “Superinteressante” sobre clonagem por meio de uma análise das reelaborações discursivas realizadas no texto por uma professora da 6ª série de um curso noturno de Educação de Jovens e Adultos. Segundo os autores, o uso didático de textos de DC implica a necessidade de um processo de recontextualização que os torne adequados ao contexto e aos objetivos da aula. No caso analisado, o texto foi consideravelmente reduzido pela professora, conservando apenas o trecho inicial da reportagem, o qual introduziria o assunto e sintetizaria as discussões realizadas. Martins, Nascimento e Abreu (2004) consideram que esse processo tornou o texto mais coeso, geral, superficial e apto para ser lido e discutido no tempo da aula como um fio condutor para a mediação da professora.

Silva e Almeida (2005), tomando como referencial teórico a Análise de Discurso na vertente iniciada na França por Michel Pêcheux, discutiram características do funcionamento

do discurso pedagógico e do discurso de DC, apontando, a partir de um trabalho empírico com estudantes de EM, como aspectos relacionados ao funcionamento do discurso pedagógico podem ser deslocados quando se dá aos estudantes a possibilidade ativa de produzirem sentidos. Os autores adotaram como pressupostos as concepções de que a DC, enquanto discurso, possui um funcionamento próprio; de que é função da escola preparar os estudantes para lidarem com os discursos que circulam em nossa sociedade; e de que o discurso pedagógico, ao se pretender científico, acaba funcionando como um discurso autoritário, como se houvesse uma só forma de dizer sobre o mundo. Assim, seria necessário tornar o discurso pedagógico um discurso polêmico em seu funcionamento, dando espaço à voz dos alunos – e a leitura de textos de DC em sala de aula contribuiria para isso. A partir das informações coletadas junto aos estudantes, Silva e Almeida (2005) apontam que textos mais narrativos, em que são abordados aspectos da vida e do trabalho de cientistas, parecem contribuir de forma mais acentuada para o deslocamento de características do funcionamento do discurso pedagógico. Além disso, a atividade desenvolvida teria contribuído para a conscientização por parte dos estudantes das incompletudes inerentes ao conhecimento científico e a qualquer texto.

Zanotello e Almeida (2007), também apoiados na Análise de Discurso iniciada por Pêcheux, analisaram a produção de sentidos por estudantes de EM após a leitura de um livro de DC sobre a vida e a obra de Isaac Newton. Segundo os autores, embora o rigor conceitual seja importante, o fator principal na escolha de um texto de DC deve ser sua adequação em termos de acessibilidade linguística aos estudantes. Zanotello e Almeida (2007) ressaltam que mesmo alunos que não possuíam um bom rendimento em física, mostraram-se curiosos e dispostos a ler sobre ciência. Assim, apontam a necessidade de diversificar as atividades em sala de aula, usando, por exemplo, textos de DC como forma de envolver uma parcela maior de alunos no processo de ensino e aprendizagem de ciências.

Nigro (2010) avaliou como textos de diferentes gêneros – um trecho de livro didático e um fragmento de um texto de DC – funcionaram junto a 85 estudantes de aproximadamente 14 anos. Assumindo que os dois textos abordavam a “anemia de células falciformes” de maneira equivalente, foram comparados os possíveis efeitos de suas leituras. Além da leitura do texto de DC ter sido mais veloz - o que indicaria sua maior facilidade -, os estudantes que a realizaram obtiveram melhores índices de compreensão do tema - as meninas obtendo

resultados melhores que os meninos -, produziram respostas escritas mais longas - o que sugere associação entre o gênero da leitura e a escrita - e tiveram uma atitude mais positiva com relação à leitura – embora o autor destaque a necessidade de encontrar textos sobre tópicos científicos que sejam capazes de aumentar o nível observado. Por fim, além de apontar para a necessidade de serem realizadas investigações mais aprofundadas, Nigro (2010) destaca que aos diferentes gêneros textuais parecem estar associados diferentes tipos de leitura, o que tornaria importante a utilização desses diferentes gêneros em atividades escolares.

Já Nigro e Trivelato (2010), tendo como referencial teórico o modelo de compreensão do discurso de van Dijk e Kintsch, compararam estatisticamente os efeitos da leitura de fragmentos de um texto de DC e de um texto de livro didático sobre a aprendizagem de alunos de 14-15 anos de uma escola particular. Como resultado, os autores verificaram que os estudantes que leram o texto de DC obtiveram melhores pontuações nos testes de conhecimento e aplicação quando comparado aos seus pares que leram o texto de livro didático. Além disso, foi verificado que, em geral, as meninas obtiveram melhores resultados. Por fim, Nigro e Trivelato (2010) ressaltam que não se podem generalizar esses resultados e que eles apontam para a necessidade de investigações mais aprofundadas.

A partir das considerações desses 31 artigos, há três pontos que gostaria de destacar:

1) Embora reconheça sua polissemia, bem como a existência de outras expressões que abarcam mais ou menos o mesmo sentido, opto, nesta pesquisa, por utilizar a expressão divulgação científica (DC), tomando-a como uma recriação (e não simplificação) do discurso científico que visa comunicar assuntos científicos e tecnológicos a não especialistas, sejam eles cientistas de outras áreas ou o público de maneira geral. Nesse sentido, como afirma Orlandi (2001), o discurso de divulgação científica não é uma adição, mas sim, uma articulação dos discursos científico e jornalístico. Articulação que, segundo a autora, contribui para o efeito de exterioridade da ciência: o discurso da DC diz sobre a ciência e não da ciência. Mais especificamente sobre os textos de DC, eles serão entendidos aqui como a forma de DC que se materializa através da linguagem escrita (livros, revistas, artigos, etc.). Por fim, ressalto ainda que não acredito na neutralidade da DC, isto é: para além da questão da inclusão social do saber, estão em jogo interesses políticos e econômicos como aqueles relacionados ao poder social associado à ciência.

2) Nos trabalhos supracitados foram apontadas diversas possíveis características dos textos de DC: presença de títulos e ilustrações impactantes, eliminação de terminologias estritamente próprias do discurso científico, sensacionalismo, fragmentação e simplificação na abordagem dos assuntos, adoção de uma linguagem mais acessível a um público não/pouco conhecedor do assunto e utilização de analogias, metáforas e comparações, entre outras. Há que se lembrar, entretanto, que a DC é um gênero textual bastante heterogêneo, sendo abusiva qualquer generalização. Além disso, trata-se de características sugeridas por diferentes autores, os quais possuem diferentes concepções e se apóiam em diferentes referenciais teóricos. Tomando noções da Análise de Discurso na vertente iniciada por Michel Pêcheux como um de seus apoios (assim como faço neste trabalho), Almeida (2010) também aponta algumas possíveis características dos textos de DC:

[...] grande parte deles apresenta uma linguagem próxima à linguagem de quem frequenta a escola, à linguagem cotidiana do estudante; em muitos deles a linguagem se aproxima da linguagem literária, ainda que parcialmente; muitos incluem textos em quadrinhos e/ou comentários humorísticos; de muitos deles fazem parte aspectos da biografia dos cientistas que produziram os conhecimentos a que estão se referindo e/ou fatos históricos associados à produção daqueles conhecimentos; outros incluem não só o conhecimento em si e aspectos da sua produção, mas também algumas de suas consequências para a sociedade, ou mesmo apontam que fatos sociais contribuíram para a produção do conhecimento científico a que se referem. [...] p. 21-22.

3) De maneira similar, os trabalhos consultados apontam também diversas possíveis funções do uso de textos de DC no ensino de ciências: favorecer a atualização dos conhecimentos ensinados, motivar os estudantes, trabalhar a capacidade de leitura, complementar os materiais didáticos, favorecer a compreensão dos mecanismos de funcionamento e de produção da ciência, permitir o contato com ocorrências e controvérsias da ciência e da tecnologia, atrair jovens para a área de pesquisa, possibilitar a articulação entre o cotidiano dos estudantes e algumas informações científicas divulgadas pela mídia, entre outras. Friso, novamente, a impossibilidade de se efetuar qualquer generalização, ou seja: a existência de um amplo espectro de possíveis características e funções dos textos de DC não implica que um texto desse gênero possua todas essas características e/ou possa desempenhar

todas essas funções. Até porque as funções de um texto podem ser previstas apenas em nível teórico. Ou seja, é na prática, no estudo de seu funcionamento, que essas funções poderão ou não ser efetivamente verificadas - sob influência das condições de produção. Por fim, destaco que no mesmo trabalho supracitado, Almeida (2010) aponta ainda que os textos de DC podem funcionar como recursos didáticos que possibilitam a mediação do discurso escolar relativo à ciência e como facilitadores da atuação da subjetividade dos estudantes.

Finalizando esta seção, ressalto que, embora analise algumas características do texto de DC utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa e vislumbre verificar algumas de suas possíveis funções no EM, esses não foram meus focos centrais. Como já explicitado, meu objetivo central foi compreender o funcionamento do texto de DC sobre ressonância magnética selecionado quando trabalhado em sala de aula. Ou seja, compreender como estudantes do EM produzem sentidos a partir de sua leitura.

1.4. A Ressonância Magnética

Nesta seção, tendo como base os textos de Andrews, Simmons e Williams (1996), Barker (1996), Berg-Beckhoff *et al.* (2009), Bilaniuk e Bilaniuk (1984), Bloomfield (1997), Bonagamba, Capelle e Azevedo (2005), Calegaro (2007), Colnago, Almeida e Valente (2002), Covolan *et al.* (2004), Dias e Siqueira (2002), Feychting (2005), Keevil (2001), Marcilio, Habermann e Gouveia (2009), Moulder (1999), Nascimento e Bloch Junior (2001), Savitz *et al.* (1999) e Schenck (1992), e a entrevista¹⁸ realizada a um pesquisador em física especialista em ressonância magnética, busquei caracterizá-la de maneira simples - dada a especialização envolvida. Ressalto que minha intenção foi ser razoavelmente preciso em termos científicos e razoavelmente acessível em termos de linguagem. Nesse sentido, tentei escrever para um leitor virtual qualquer – abrangendo, inclusive, aqueles sem qualquer formação no campo das ciências da natureza -, o que me faz vislumbrar, também, que o texto possa vir a ser trabalhado com alunos do Ensino Médio (EM). Por fim, destaco que também procurei contemplar alguns elementos de natureza tecnológica e que o foco das discussões recaia sobre noções da física.

¹⁸ Maiores detalhes sobre essa entrevista nas seções 2.4 e 2.5.

De maneira bastante ampla, pode-se caracterizar a ressonância magnética nuclear (doravante simplesmente RMN) como uma técnica que permite estudar características microscópicas da matéria.

Atualmente, além de sua utilização na área médica, que se destina à produção de imagens, a RMN também é utilizada, entre outras áreas, na física, na química, na biologia e também num campo recente de interseção entre física e computação – a chamada computação quântica. Nesses casos, a técnica serve para, por exemplo, identificar os elementos presentes em compostos químicos, determinar as estruturas de pequenas moléculas e de macromoléculas (como as proteínas), manipular a informação quântica, auxiliar a caracterização de fluidos complexos (como o petróleo), entre muitas outras aplicações.

Sabemos hoje que tudo é formado por átomos e moléculas. Entretanto, só para se ter uma ideia do tamanho dessas entidades físicas, na espessura de uma folha de papel há da ordem de um milhão de átomos. Rutherford, por volta de 1911, após analisar os resultados de uma série de experimentos, propôs que um átomo é composto por um núcleo relativamente pequeno, pesado e com carga elétrica positiva. Circundando esse núcleo, numa região relativamente extensa, estão partículas bem mais leves e com carga elétrica negativa – os elétrons. Esse modelo atômico ficou conhecido como o modelo de Rutherford. Hoje, sabemos que além de serem formados por partículas com carga positiva (os prótons), os núcleos atômicos podem também conter partículas eletricamente neutras: os nêutrons.

No início do século XX, foram desenvolvidas as duas grandes teorias que formam hoje os pilares da física: a teoria da Relatividade de Einstein e a Física Quântica. A RMN está bastante relacionada à segunda, especialmente ao conceito de *spin*.

Ainda não há muita clareza a respeito da origem do *spin*, todavia, ele pode ser entendido como uma propriedade intrínseca de partículas, assim como o são, por exemplo, carga elétrica e massa. Embora sua origem ainda seja desconhecida, sabe-se que o *spin* é uma propriedade associada ao magnetismo. Além disso, há partículas que possuem *spin* (spin diferente de zero) - como são os casos dos prótons, elétrons, nêutrons, entre outras; e partículas que não possuem *spin* (spin zero) - como os píons, káons, entre outras.

Pelo fato de estar associado ao magnetismo, inicialmente o *spin* foi interpretado como o giro da partícula ao redor dela mesma¹⁹. Essa explicação parecia razoável, uma vez que já se

¹⁹ A própria palavra *spin* significa giro.

sabia que cargas elétricas em movimento geram campos magnéticos. Entretanto, esse modelo explicativo mostrou-se incoerente. De fato, ao realizar os cálculos pertinentes foi verificado que as partículas precisariam girar com velocidades superiores à velocidade da luz – o que é impossível segundo a teoria da Relatividade de Einstein. Além disso, esse modelo não é capaz de explicar por que o nêutron - embora com carga elétrica nula - possui *spin*; e como o elétron - embora com raio igual a zero – poderia girar ao redor dele mesmo. Esse desconhecimento da origem do *spin* não impossibilitou, contudo, a utilização dessa propriedade para, entre outras coisas, o desenvolvimento da RMN.

Em 1922, a partir da realização de experimentos, Stern e Gerlach verificaram que o valor do *spin* das partículas é quantizado, isto é, pode assumir apenas alguns valores. Outra característica do *spin* é possuir orientação espacial, sendo que quando não há campo magnético aplicado, os *spins* estão aleatoriamente orientados. Já quando se aplica um campo magnético, os *spins* assumem apenas algumas orientações específicas²⁰. No caso de partículas com valor de *spin* igual a $\frac{1}{2}$, como são os casos de prótons, elétrons e nêutrons, os *spins* assumem apenas duas orientações: paralelos ou antiparalelos ao campo magnético. Exemplo: suponhamos que apliquemos sobre uma amostra de nêutrons, utilizando um ímã, por exemplo, um campo magnético que aponta para o norte. Os spins desses nêutrons, antes alinhados aleatoriamente, isto é, sem qualquer direção ou sentido preferencial de alinhamento, irão agora se orientar ou para o norte ou para o sul. Importante dizer, também, que a cada uma dessas orientações está associada uma energia. Em outras palavras: a energia associada à situação de alinhamento *spin*/campo magnético é diferente da energia associada à situação de oposição *spin*/campo magnético. Diferença de energia que Rabi e Cohen, em meados da década de 30 do século XX, foram capazes de estimar.

Como cada partícula possui um valor para seu *spin*, um núcleo atômico que contenha mais de uma partícula terá por consequência um *spin* resultante, um *spin* nuclear – vale frisar que esse *spin* resultante pode ser nulo para alguns núcleos, o que inviabiliza o uso da RMN com relação a eles.

Por volta de 1946, de forma independente, Bloch e Purcell mostraram experimentalmente que núcleos de água e parafina, quando colocados em campo magnético,

²⁰ Isso ocorre porque o campo magnético interage com o momento de dipolo magnético intrínseco da partícula, o qual é proporcional ao momento angular intrínseco da partícula: o *spin*.

absorvem energia na faixa de radiofrequência e reemitem essa energia durante a transição para o estado relaxado.

Antes de prosseguir, gostaria de esclarecer melhor dois pontos.

Primeiro: o desenvolvimento da Física Quântica mostrou que os valores de muitas grandezas físicas, como *spin*, carga elétrica, energia, entre outras, eram na verdade quantizados e não contínuos, ou seja, podiam apenas ter seus valores alterados aos saltos. Com a energia dos núcleos atômicos também ocorre esse fenômeno da quantização, logo, dizemos que os núcleos possuem níveis de energia, isto é, apenas certos valores de energia permitidos. Dessa forma, para que um núcleo atômico seja capaz de absorver energia é necessário que esta lhe seja dada num valor que corresponda exatamente ao salto entre níveis de energia. No entanto, a tendência de qualquer sistema físico é estar em seu estado de menor energia. Consequentemente, em relação ao caso que estamos analisando, após receber certa quantidade possível de energia, o núcleo a devolverá ao ambiente em forma de radiação eletromagnética, ou seja, luz (visível ou não).

Segundo: a cada valor de energia corresponde um valor de frequência da luz, sendo que a relação entre esses dois parâmetros é proporcional à chamada constante de Planck (símbolo: h). Assim, dizer que núcleos de água e parafina quando colocados em campo magnético absorvem energia na faixa de radiofrequência, é equivalente a dizer que, para esses núcleos, a diferença de energia entre alguns de seus níveis corresponde à emissão de ondas eletromagnéticas (luz) na faixa de frequência das ondas de rádio (assim como as emissoras de rádio também emitem ondas nessa faixa de frequência - as quais captamos em nossos aparelhos para escutar música, por exemplo). As ondas eletromagnéticas (radiação eletromagnética) costumam ser caracterizadas de acordo com sua frequência, a qual, como já dito, está diretamente relacionada à energia dessas ondas. Dessa forma, pode-se pensar num espectro eletromagnético contendo as seguintes faixas de frequência, ordenadas em ordem crescente: ondas de rádio (radiofrequência), microondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama.

Voltando à linha de raciocínio, a partir dessas considerações, procuraremos compreender como funciona a RMN.

Primeiro, é necessário aplicar um campo magnético homogêneo, constante e intenso à amostra a ser analisada. Isso, para fazer com que alguns *spins* nucleares se alinhem a favor do

campo magnético e outros contrariamente a ele, sendo que cada uma dessas configurações possui uma energia característica - nomearemos de Y a diferença entre essas energias, a qual depende do valor do campo magnético aplicado. Além disso, em temperatura ambiente, há pequena predominância de núcleos na situação de menor energia.

Se for aplicado agora um pulso eletromagnético de frequência que corresponda à diferença de energia Y , alguns dos núcleos em situação de menor energia absorverão essa energia e passarão a ocupar o estado mais energético. Vale ressaltar que na RMN a frequência do pulso eletromagnético aplicado sempre está na faixa de radiofrequência (devido aos valores possíveis da diferença de energia Y). Desligado o pulso de radiofrequência, os núcleos que ganharam energia a devolverão ao ambiente em forma de luz, novamente na faixa de radiofrequência – sinal que será então detectado por bobinas colocadas ao redor da amostra (como se fossem antenas) e transformado em imagem. Esse processo de retorno ao nível de menor energia não é, no entanto, imediato: o tempo associado a ele (chamado de tempo de relaxação) depende do ambiente em torno dos núcleos. Além disso, para localizar de onde está vindo o sinal, são utilizados nos aparelhos de RMN, além do campo magnético principal - que é homogêneo e constante -, campos magnéticos variáveis, os chamados gradientes.

Durante a década de 70, a aplicação da RMN na área médica experimentou muitos desenvolvimentos: Lauterbur desenvolveu trabalhos sobre a utilização da RMN em seres humanos; Damadian mostrou que havia diferença entre os sinais obtidos de tecidos normais e cancerosos, desenvolveu o primeiro sistema de imagem por ressonância magnética de corpo inteiro e o primeiro scanner comercial de RMN; Mansfield produziu a primeira imagem de RMN do dedo humano; Young produziu a primeira imagem da cabeça por RMN; entre outros²¹.

Os aparelhos hospitalares de RMN produzem imagens de partes do corpo humano ao agir sobre os núcleos de nossos átomos de hidrogênio - os quais são formados por apenas um próton. Vale lembrar também, que os seres humanos são formados em grande parte por água (que contém hidrogênio). Assim, sabendo que ao realizar em uma pessoa um exame de ressonância magnética ele deve produzir uma imagem com determinadas características, caso se realize esse exame e não se obtenha a imagem esperada, a pessoa pode estar com algum

²¹ Em 2003, Lauterbur e Mansfield foram agraciados com o prêmio Nobel de Fisiologia/Medicina por seus trabalhos acerca da utilização da RMN para a produção de imagens médicas.

problema de saúde. Vale frisar, contudo, que o exame por si só não diz muito a respeito da saúde do paciente, sendo fundamental a interpretação dessa imagem por profissionais capacitados – comumente médicos. Dessa forma, como a interpretação é inerente ao processo, há sempre a possibilidade de que seja feita uma interpretação que não condiz com a realidade. Similarmente, quando da análise de uma imagem produzida através de um exame, dois profissionais podem produzir interpretações não totalmente concordantes.

Além de permitir a obtenção de imagens com grande resolução, há outros aspectos positivos em relação à utilização da RMN na área médica: a) muitas vezes não se faz necessário o uso de contrastes adicionais por parte dos pacientes (os contrastes podem melhorar a qualidade da imagem produzida); b) trata-se de uma técnica não invasiva; c) são utilizadas ondas de rádio, as quais possuem baixa energia (baixa frequência), diferentemente dos raios X, por exemplo, que utilizam radiação eletromagnética de alta energia (alta frequência) - mais nociva, portanto, à saúde; e d) capacidade de produzir imagens com melhor qualidade em relação às imagens produzidas por exames de raios X e de ultrassom.

Há também alguns aspectos negativos em relação ao uso da RMN na área médica: a) para produzir imagens de boa qualidade, é necessário que o paciente fique imóvel durante a realização do exame, o que muitas vezes não é tão simples, pois os exames costumam durar muitos minutos; b) pessoas com marca-passo ou que tenham algum tipo de aparato metálico no corpo provavelmente não poderão fazer esse tipo de exame devido ao campo magnético gerado pela máquina - embora cada caso costume ser analisado individualmente; c) pessoas claustrofóbicas podem ter problemas se necessitarem realizar o exame, pois embora modelos mais confortáveis estejam sendo desenvolvidos, as máquinas, em geral, ainda são bastante apertadas; d) devido à ação dos magnetos gradientes, o equipamento é relativamente barulhento; e e) trata-se de uma máquina com altos valores de compra (na casa dos milhões de dólares) e manutenção, logo, os exames ainda não são tão acessíveis. Outros possíveis aspectos negativos em relação ao uso da RMN para a produção de imagens médicas estão associados a possíveis efeitos maléficos a longo prazo advindos da exposição aos campos magnéticos de alta intensidade e às ondas de rádio - "possíveis" porque se trata de assuntos extremamente controversos na comunidade científica, especialmente pela ausência de pesquisas confiáveis – consequência da dificuldade em realizá-las (seria necessário acompanhamento duradouro de indivíduos que foram submetidos a essas condições).

Recentemente, no final de janeiro de 2013, repercutiu em todo Brasil a morte de três pacientes que haviam acabado de ser submetidos a exames de RMN na cidade de Campinas (SP). Segundo notícias publicadas *online* pela Globo, pela Revista Veja e pela Rádio CBN, os pacientes não apresentavam graves problemas de saúde, o que pode levar-nos a questionar a necessidade da realização desses exames. Investigações realizadas pela Polícia Civil indicaram que as mortes foram causadas por falha humana, mais especificamente, pela injeção venosa de um composto químico conhecido como perfluorocarbono, o qual não é solúvel no sangue e teria sido confundido com soro fisiológico. Nos casos em que se utiliza contraste, isto é, em que uma substância é injetada no paciente antes da realização da RMN, o soro fisiológico (solução salina) é injetado após a realização do exame com o objetivo de purificação e hidratação do organismo.

Atualmente, os equipamentos médicos comerciais de RMN, em geral, são capazes de gerar campos magnéticos de três Tesla, isto é, campos magnéticos cerca de cinquenta mil vezes maiores do que o campo magnético do planeta Terra (relacionado ao funcionamento das bússolas). Vale ressaltar, também, que há investigações acerca de aparelhos capazes de gerar campos magnéticos maiores (sete Tesla, por exemplo), o que possibilitaria a produção de imagens com maior nitidez. Outro aspecto importante é que, para possibilitar a geração de campos magnéticos tão intensos, são utilizados materiais supercondutores, os quais operam apenas a temperaturas baixíssimas (cerca de $-230\text{ }^{\circ}\text{C}$) – o que ajuda a explicar os altos valores de compra e manutenção desses aparelhos.

Como forma de sintetizar a discussão aqui desenvolvida, proponho a caracterização da sigla RMN:

O “R”, isto é, a ressonância, está relacionado ao fato de ser necessário o uso de pulsos eletromagnéticos com frequência exatamente igual à frequência associada à diferença de energia entre níveis de energia do núcleo.

O “M”, isto é, magnética, está relacionado aos fatos de ser necessária a aplicação de um campo magnético à amostra a ser analisada e dos *spins* também estarem associados ao magnetismo da matéria.

Já o “N”, isto é, nuclear, que muitas vezes é omitido - provavelmente pelo tom socialmente pejorativo que a palavra carrega -, está relacionado ao fato da técnica se utilizar do *spin* nuclear, ou seja, de uma característica de núcleos atômicos.

Por fim, ressalto que procurei apresentar a RMN de forma simples, logo, na prática, a técnica envolve muitos outros aspectos aqui não abordados ou abordados superficialmente. Além disso, atualmente é comum ouvirmos falar em ressonância magnética funcional. A principal diferença é que enquanto a ressonância magnética estuda a anatomia, a ressonância magnética funcional estuda a dinâmica de uma região (comumente do cérebro), isto é, a variação de algum parâmetro com o correr do tempo.

2. Apoios Teórico, Metodológico, Analítico e Condições de Produção das Informações

2.1. Sobre a Análise de Discurso

Tomei como apoio teórico a Análise de Discurso, mais especificamente, a que teve seu início na França com Michel Pêcheux. Já como apoio analítico, tomo, especialmente, algumas das noções dessa teoria.

Segundo Mazière (2007), o sintagma "Análise do Discurso" (doravante AD) designa um campo de conhecimento desenvolvido na França nos anos 60 e 70 do século XX a partir de trabalhos do linguista estadunidense Harris. Podemos distinguir basicamente três linhas da AD: a de Harris (EUA), a de Dubois (França) e a de Pêcheux (França).

Como já dito, adoto neste trabalho uma perspectiva teórica coerente com a AD de Pêcheux, filósofo de formação que, segundo Mazière (2007), contribuiu para a produção teórica em AD entre 1966 e 1983.

No Brasil, Eni Orlandi tem produzido desde os anos 70 do século XX diversos trabalhos nessa linha da AD. Assim, baseio-me, sobretudo, em suas obras. Vale observar que, doravante, quando estiver me referindo à AD, fica implícito o fato de se tratar de sua linha originada na França com Michel Pêcheux.

Segundo Orlandi (1987), a AD não se constitui como uma rival da Linguística, pois a pressupõe, questionando-a, entretanto, a respeito da historicidade que ela apaga (ORLANDI, 2005). Além da Linguística, a AD também articula o Materialismo Histórico, a Teoria do Discurso e uma teoria da subjetividade de natureza psicanalítica.

A AD concebe a linguagem como "mediação necessária entre o homem e a realidade natural e social." (ORLANDI, 2005, p. 15). Mediação considerada como relação constitutiva, isto é, linguagem e sociedade se constituem mutuamente. Além disso, "a linguagem só faz sentido porque se inscreve na história." (ORLANDI, 2005, p. 25). Nesse sentido, sempre retomamos o já-dito, há uma memória discursiva, afinal, ao nascermos os discursos já estão em processo: "Para que minhas palavras tenham sentido é preciso que elas já façam sentido." (ORLANDI, 2005, p. 34). Essa memória discursiva que sustenta a possibilidade do dizer, ou seja, todo o conjunto de formulações feitas e já esquecidas que determinam o que dizemos, é denominada pela AD de interdiscurso. Orlandi (2005) alerta para a diferença entre

interdiscurso e intertexto: enquanto para o primeiro o esquecimento é estruturante, para o segundo ele não o é.

A proposta central da AD é considerar a relação (constitutiva) entre a linguagem e a exterioridade, esta entendida como as condições de produção do discurso, as quais englobam o contexto imediato, os interlocutores e o contexto sócio-histórico. Em outras palavras, a AD trata da determinação histórica dos processos de significação, buscando compreender a linguagem em seu funcionamento, ou seja, compreender como se dá a produção de sentidos (ORLANDI, 1987).

Assumir que há um processo de produção de sentidos que depende das condições de sua produção, isto é, que as palavras não detêm sentidos em si, que eles não dependem apenas das intenções dos sujeitos, que não se trata de uma pura e simples assimilação de sentidos, implica em considerar a não-transparência da linguagem. Em outras palavras: não há relação unívoca entre linguagem, pensamento e mundo. A linguagem não é mero instrumento para transmitir um sentido pré-existente. Mudando aspectos das condições de produção, mudam-se os sentidos produzidos. Consequentemente, a forma de dizer também constitui o conteúdo do dizer, isto é, forma e conteúdo estão intimamente relacionados (ORLANDI, 2005).

Embora a linguagem seja não-transparente, temos a ilusão de sua transparência, do sentido já lá. E embora sempre retomemos sentidos pré-existent, temos a ilusão de que somos a fonte de onde emanam os sentidos de nossas palavras. Essas ilusões são resultados da interpelação do sujeito pela ideologia, noção esta, entendida na AD, não como visão de mundo, tampouco como ocultação da realidade, mas sim como efeito necessário que torna possível a relação entre linguagem, pensamento e mundo e faz com que haja sujeitos, isto é, que eles tenham a impressão de serem a origem dos sentidos. Além disso, a ideologia funciona pelo imaginário, ou seja, são as imagens produzidas que permitem que se estabeleçam relações entre palavras e coisas. Em suma: a ideologia tem como efeitos o apagamento da história e da materialidade dos sentidos e dos sujeitos (ORLANDI, 2005).

A não-transparência da linguagem resulta de sua relação com a exterioridade, com as condições de produção, afinal, o sentido depende delas. Dessa forma, a incompletude é a condição da linguagem, há sempre uma multiplicidade de sentidos possíveis, o processo de produção de sentidos é aberto (ORLANDI, 1987; ORLANDI, 2005). Por outro lado, contudo, há cristalização, estabilização, legitimação, sedimentação, regência, administração de sentidos.

Em certas condições de produção há a dominância de um sentido. Há também o que se conhece por "sentido literal" da palavra. Entretanto, essa dominância, essa literalidade, é produto da história. Além disso, também há modos historicamente determinados de se interpretar e especialistas que controlam a interpretação, tais como professores, juízes, padres, etc. (ORLANDI, 2005).

O discurso, enquanto objeto histórico-social cuja materialidade é linguística, é definido não como transmissão de informação, mas como efeito de sentido entre interlocutores, ou seja, "o que se diz não resulta só da intenção de um indivíduo em informar um outro, mas da relação de sentidos estabelecidos por eles num contexto social e histórico." (ORLANDI, 1992, p. 63). Dessa forma, a noção de condições de produção engloba tanto a emissão como a recepção. Além disso, todo discurso é entendido como um processo discursivo contínuo, sem início nem fim. "Um dizer tem relação com outros dizeres realizados, imaginados ou possíveis." (ORLANDI, 2005, p. 39).

Assumindo, então, que uma mesma palavra pode significar diferentemente²² dependendo do contexto, das condições de produção, é necessário compreender o motivo disto.

Como já dito, o interdiscurso (memória discursiva) sustenta a possibilidade do dizer. Contudo, o interdiscurso possui regiões, as chamadas formações discursivas, as quais remetem no discurso para as chamadas formações ideológicas. "As palavras remetem a discursos que derivam seus sentidos das formações discursivas" (ORLANDI, 2005, p. 80). As formações discursivas "determinam o que pode e deve ser dito a partir de uma posição dada em uma conjuntura dada." (ORLANDI, 1987, p. 27). Assim, uma mesma palavra muda de sentido dependendo da formação discursiva em que está predominantemente inscrita. Vale ressaltar também que as formações discursivas são heterogêneas, fluidas e articuladas entre si (ORLANDI, 2005).

A AD considera que o contexto é constitutivo, não havendo, portanto, uma verdade oculta atrás do texto. Assim, ela busca compreender os mecanismos da interpretação, trabalhando com o processo de produção dos sujeitos e dos sentidos, isto é, o efeito da

²² Orlandi (2005) dá o exemplo da palavra "terra". Ela não significa o mesmo para um índio, para um sem-terra e para um latifundiário.

exterioridade sobre ela (ORLANDI, 1987). A questão passa a ser: como o texto significa? (ORLANDI, 2005).

Vale ainda especificar alguns fatores que fazem parte das condições de produção:

O chamado mecanismo de antecipação diz respeito à capacidade do sujeito de se colocar no lugar em que seu interlocutor ouve suas palavras, isto é, de colocar-se no lugar do outro visando antecipar os sentidos que suas palavras produziriam. Esse mecanismo interfere na maneira de dizer, logo, na produção de sentidos (ORLANDI, 2005).

Outro fator que interfere nas condições de produção é a chamada relação de forças. Segundo essa noção, o lugar social dos interlocutores, enquanto espaço de representações sociais, é constitutivo da produção de sentidos. É diferente, por exemplo, falar enquanto professor e enquanto aluno (ORLANDI, 2000; ORLANDI, 2005). Há que se ressaltar, no entanto, que o que funciona no discurso não são os sujeitos físicos nem seus lugares sociais empíricos, mas sim, suas imagens resultantes de projeções (ORLANDI, 2005).

Segundo Orlandi (1987, p. 27), é possível dizer que a "produção da linguagem se faz na articulação de dois grandes processos: o parafrástico e o polissêmico. [...] de um lado, há um retorno constante a um mesmo dizer sedimentado [...] e, de outro, há no texto uma tensão que aponta para o rompimento." Em outras palavras: a paráfrase estabiliza, a polissemia desloca. Além disso, a paráfrase seria a matriz do sentido, pois não há sentido sem repetição, sem a intervenção do interdiscurso. Já a polissemia seria a condição de existência da linguagem, pois se o sentido não fosse múltiplo, não haveria necessidade de dizer. Todo discurso, por definição, é polissêmico, contudo, essa polissemia pode ser estancada (ORLANDI, 1987; ORLANDI, 2005).

Orlandi (2005) distingue três formas de repetição: a empírica (mnemônica), a formal (técnica) e a histórica. A primeira seria o "efeito papagaio", a cópia; a segunda seria outro modo de dizer o mesmo, o "dizer com suas palavras"; já a terceira seria a que desloca, a que historiciza o dizer e o sujeito. Nessa conjuntura, as possibilidades da escola estariam em levar os estudantes a passarem da repetição empírica para a repetição histórica, passando pela repetição formal (ORLANDI, 1998).

Creio ser importante salientar também a distinção entre discurso e texto. Conforme Orlandi (1987), o discurso é um conceito teórico, já o texto é a unidade de análise que permite ter acesso ao discurso. Seria impossível delimitar um discurso, pois, a rigor, o que existe é o

estado de um processo discursivo. O discurso tem como inerência a incompletude, ele não se fecha. Já o que define um texto não é a extensão, nem a questão de ser escrito ou oral, mas sim, o fato dele constituir uma unidade em relação à situação, de ser um objeto acabado, fechado em si, com começo, meio e fim. Assim, um discurso não é igual a um texto, pois um texto pode ser atravessado por diversas formações discursivas (ORLANDI, 2005). Além disso, feita a análise, "não é sobre o texto que falará o analista, mas sobre o discurso." (ORLANDI, 2005, p. 72).

Orlandi (1987) distingue também três tipos de discurso em seu funcionamento: o discurso lúdico, o discurso polêmico e o discurso autoritário.

No discurso lúdico a polissemia é aberta (o exagero seria o *non-sense*), a reversibilidade é total, isto é, a troca de papéis na interação discursiva é perfeitamente plausível. No discurso polêmico, os participantes procuram dominar seu referente, dando-lhe uma direção. A polissemia é controlada (o exagero seria a injúria) e a reversibilidade se dá sob condições, sendo disputada. No discurso autoritário, o referente está ausente, apagado pelo dizer, há, de fato, apenas um agente exclusivo. A polissemia é contida (o exagero é a ordem, o comando) - tendendo para a monossemia -, e a reversibilidade é estancada.

Vale destacar que o que há é a predominância de um dos tipos e a tendência na direção de algum deles, ou seja, há gradação e não distinção estanque entre esses tipos de discurso. Além disso, segundo Orlandi (1987), a reversibilidade é a condição do discurso, pois enquanto efeito de sentido entre interlocutores, o discurso necessita de interlocução. Logo, no discurso autoritário, embora não haja reversibilidade, há sua ilusão. Em outras palavras: a reversibilidade tende a zero, mas não é zero, pois se o fosse, o discurso seria rompido.

Tomando essa tipologia, Orlandi (1987) caracteriza o discurso pedagógico (DP) como um discurso autoritário que teria como objetivos a transmissão de informações e sua fixação. Dessa forma, ensinar aparece como sinônimo de inculcar. A cientificidade do DP estabelecer-se-ia em dois pontos: a metalinguagem - o conhecimento ficando em segundo plano - e a apropriação do cientista por parte do professor - apagando seu papel de mediador. Os próprios materiais didáticos sofreriam esse efeito de apagamento de seu papel mediador. Com isso, segundo a autora, a reflexão passa a ser substituída pelo automatismo. Orlandi (1987) propõe tornar o DP um discurso polêmico. Para isso, o professor deveria deixar em seu discurso um espaço para o ouvinte e assumir uma postura em que também possa se tornar ouvinte. Já o

aluno deveria exercer sua capacidade crítica, de discordância, negando sua estagnação no papel de ouvinte. Por fim, Orlandi (1987, p. 37) afirma que sua proposta é a de "buscarmos, professores e alunos, um DP que seja pelo menos polêmico e que não nos obrigue a nos despirmos de tudo que é vida lá fora ao atravessarmos a soleira da porta da escola."

Segundo Orlandi (2005), também em nossa sociedade, de forma geral, há a predominância do discurso autoritário, sendo o lúdico o que escapa e o polêmico uma forma de resistência, de afrontamento.

Já Orlandi (1987) mostra como o silêncio e o não-dito também significam - assim como as palavras. Dessa forma, eles também possuem suas condições de produção e são não-transparentes.

Por fim, destaco que embora rejeite a neutralidade do analista, a AD deseja que a análise seja o menos subjetiva possível.

2.2. A Análise de Discurso e a Leitura

Assim como na produção de sentidos, a Análise de Discurso (AD) também considera a produção da leitura em suas condições de produção - novamente incluindo locutor e receptor; intervindo as relações de força, o mecanismo de antecipação, a intertextualidade, etc.

Orlandi (2000) afirma que pensar a leitura sob uma perspectiva discursiva faz com que: a consideremos uma produção, logo possível de ser trabalhada, ensinada; notemos que a escrita também é parte do processo de produção de sentidos; consideremos o leitor em sua história e especificidade; notemos a determinação histórica e ideológica dos sentidos e a multiplicidade de modos de leitura.

Segundo Orlandi (1987) e Orlandi (2000), já na escrita de um texto está inscrito um leitor virtual, um leitor imaginário para quem o autor do texto está se dirigindo. Logo, quando o leitor real lê, ele não está interagindo com o próprio texto, mas, na verdade, interagindo, debatendo, com esse leitor virtual inscrito nele. Mesmo que a leitura seja parafrástica (maior coincidência entre leitores virtual e real), esse reconhecimento de sentido já é uma inferência, uma ação do leitor real.

Assim, se não se trata de uma decodificação do texto, de uma apreensão de seus sentidos, mas de um processo de produção da leitura, em que há uma interação, temos como

consequências os fatos de que não existe um autor onipotente nem um leitor onisciente, isto é, os textos não são transparentes. Contudo, apesar de haver uma multiplicidade de sentidos possíveis, há um processo de determinação histórica dos sentidos, o que faz com que apenas alguns sentidos possam ser produzidos a partir da leitura (ORLANDI, 2000).

Sobre essa interação entre leitores virtual e real, Orlandi (1987) afirma também que o discurso pedagógico, enquanto discurso autoritário:

[...] não leva em conta as condições de produção da leitura do aluno, fazendo com que o aluno real e o virtual coincidam sem que se opere uma mudança nas condições de produção. O que, em última instância, nos leva a dizer que o discurso pedagógico não dá importância à compreensão: ou o aluno já tem as condições favoráveis ou ele decora, repete, imita. [...] p. 187.

Orlandi (1987) caracteriza quatro modos de leitura de acordo com a relevância que ela pode ter para o leitor: a) a relação do texto com o autor ("o que o autor quis dizer?"); b) a relação do texto com outros textos (leitura comparativa); c) a relação do texto com seu referente ("o que o texto diz de x?"); e d) a relação do texto com o leitor ("o que você entendeu?"). Como há modos de leitura diferentes, há ocasiões em que leituras parafrásticas são mais adequadas, como quando se quer reproduzir o que o autor quis dizer, por exemplo. Entretanto, a autora alerta para o fato de que a leitura parafrástica coloca menos do conhecimento extra-texto. Além disso, seria difícil delimitar leituras previstas para um texto, afinal, um mesmo texto pode ser lido de maneiras diferentes ao longo do tempo.

Ainda segundo Orlandi (1987), há diferentes tipos de leitores, sendo que um dos fatores que pode caracterizá-los é sua experiência em linguagem, sua competência gramatical - lembrando que o leitor vai sendo formado no decorrer de sua vida e não apenas durante a educação formal: "A leitura é um ato cultural em seu sentido amplo" (ORLANDI, 1987, p. 210). Assim, o conjunto de leituras feitas pode restringir ou alargar o que poderíamos chamar de capacidade de leitura (ORLANDI, 2000).

Orlandi (2000) afirma que a escola não considera as relações estabelecidas pelo aluno-leitor com outras linguagens, dando mais valor à escrita do que à oralidade, e que a escola também não considera as práticas de leitura realizadas fora da escola. Ao não considerar esses aspectos, a escola estaria adotando metodologias para tentar resolver a incapacidade de leitura dos alunos, o que Orlandi (2000) critica:

[...] O pedagogismo, para mim, é acreditar em soluções pedagógicas desvinculando-as do seu caráter sócio-histórico mais amplo: para resolver a questão da leitura se propõem técnicas para que se dê conta, em algumas horas semanais, dessa propalada incapacidade. p. 36.

Como Orlandi (2000) alerta para a dificuldade em se delimitar as leituras previstas - as leituras razoáveis (mínimo que se espera que seja compreendido) e as leituras possíveis (ultrapassam o que se espera) -, ela propõe considerar as histórias de leitura do texto e do leitor para efetuar essa delimitação, afinal, o texto não é fechado em si, ou seja, só faz sentido falar em leituras previstas para um texto ao considerar a história, a sedimentação de sentidos e as leituras legítimas (das autoridades) - lembrando que quando lemos, também estamos atuando sobre esse processo histórico de institucionalização dos sentidos. A partir dessas colocações, Orlandi (1987) e Orlandi (2000), indo contra o que a autora chamou de "pedagogismo", considera que o professor pode modificar as condições de produção da leitura do aluno de duas maneiras: favorecendo a construção de sua história de leituras e estabelecendo, quando necessário, as relações intertextuais, resgatando a história dos sentidos. A autora alerta, porém, para o risco de petrificar uma leitura prevista - o que inviabilizaria a capacidade de reflexão -, especialmente se forem tomados como modelos de leituras competentes as leituras das autoridades (professor, juiz, padre, etc.). Nas palavras de Orlandi (2000):

[...] Uma sugestão pedagógica seria os professores proporem uma organização curricular que fosse capaz de provocar o aluno a trabalhar em sua própria história de leitura. Colocar, portanto, desafios à sua compreensibilidade sem deixar de lhe propiciar as condições para que esse desafio seja assumido de forma consequente. p. 45.

Além disso, o não-dito e os implícitos também constituem os sentidos produzidos na leitura: "Saber ler é saber o que o texto diz e o que ele não diz, mas o constitui significativamente." (ORLANDI, 2000, p. 11).

Orlandi (2005) propõe que se distingam inteligibilidade, interpretação e compreensão:

A inteligibilidade refere o sentido à língua: "ele disse isso" é inteligível. Basta se saber português para que esse enunciado seja inteligível; no entanto não é interpretável pois não se sabe quem é ele e o que ele disse. A interpretação é o

sentido pensando-se o co-texto (as outras frases do texto) e o contexto imediato. Em uma situação “x” Maria diz que Antonio vai ao cinema. João pergunta como ela sabe e ela responde: “Ele disse isso”. Interpretando: “ele” é Antonio e “o que” ele disse é que vai ao cinema. No entanto, a compreensão é muito mais do que isso. Compreender é saber como um objeto simbólico (enunciado, texto, pintura, música etc.) produz sentidos. É saber como as interpretações funcionam. Quando se interpreta já se está preso em um sentido. A compreensão procura a explicitação dos processos de significação presentes no texto e permite que se possam “escutar” outros sentidos que ali estão, compreendendo como eles se constituem. Por exemplo, nas palavras de Maria, pode-se compreender que ela não quer ir, ou que Antonio é quem decide tudo, ou que ele está indo em outro lugar etc. [...] Em suma, a Análise de Discurso visa a compreensão de como um objeto simbólico produz sentidos, como ele está investido de significância para e por sujeitos. [...] p. 26.

Ainda sobre isso, Orlandi (2000) afirma que a inteligibilidade de um texto está pouco relacionada com sua escrita, com a boa formação de sentenças, com a coesão e coerência textual; e muito relacionada à interação entre leitores virtual e real. Basta lembrar que ao ler um texto, um leitor pode achá-lo claro e outro achá-lo obscuro. Dessa forma, a inteligibilidade, assim como a leitura, seria uma questão de graus, de níveis. Segundo a autora, a escola costuma atribuir ao professor o grau dez de leitura, já ao aluno o grau zero, ou seja, recusa-se, desvaloriza-se, toda a história de leitura do aluno, entretanto, obviamente o aluno não começa a ler naquela ocasião, da mesma forma que o processo de leitura do professor não termina nela. Além disso, muitas vezes o professor se esqueceria que a história de leitura do aluno é diferente da dele.

Embora não acredite numa relação direta entre ler muito e escrever bem, Orlandi (2000) afirma que a leitura fornece matéria-prima para a escrita (o que escrever) e contribui para a aprendizagem de modelos (como escrever). Por fim, para a autora, ler é "a condição de base do trabalho intelectual." (p. 30).

Finalizando esta seção, gostaria de destacar, sobretudo, o fato de que a AD:

[...] não é um método de interpretação, não atribui nenhum sentido ao texto. O que ela faz é problematizar a relação com o texto, procurando apenas explicitar

os processos de significação que nele estão configurados, os mecanismos de produção de sentidos que estão funcionando. Compreender, na perspectiva discursiva, não é, pois, atribuir um sentido, mas conhecer os mecanismos pelos quais se põe em jogo um determinado processo de significação. [...] a análise de discurso visa a compreensão na mesma medida em que visa explicitar a história dos processos de significação, para atingir os mecanismos de sua produção. (ORLANDI, 2000, p. 117).

2.3. Por que escolhi a Análise de Discurso?

Escolhi a AD como referencial teórico e analítico porque, pressupondo a aprendizagem como um processo onde intervêm as condições de produção, busquei compreender como estudantes do Ensino Médio produzem sentidos a partir da leitura de um texto de divulgação científica sobre ressonância magnética e da minha mediação enquanto professor. Além disso, procurei analisar o efeito das atividades desenvolvidas sobre a história de leitura desses sujeitos. Nesse sentido, não me propus a quantificar e/ou qualificar a aprendizagem de conteúdos de física pelos estudantes, mas sim, a compreender como as atividades desenvolvidas funcionaram na produção de sentidos. Em outras palavras, minha questão de pesquisa foi: como estudantes do Ensino Médio produzem sentidos a partir de uma leitura de divulgação científica sobre o que é e como é aplicada a ressonância magnética nuclear?

Creio que a AD enquanto teoria que permite compreender o processo de produção de sentidos pode contribuir bastante em estudos, como este, preocupados em compreender como determinadas condições de produção imediatas (as estratégias de ensino adotadas, as solicitações feitas aos alunos, etc.) funcionam no processo de produção de sentidos. Além disso, há que se lembrar que aprender sobre alguma coisa implica em produzir sentidos sobre ela.

Por fim, friso que embora tenha assumido como pressupostos teóricos todas as noções da AD apresentadas anteriormente, utilizei nas análises apenas as seguintes noções: condições de produção, mecanismo de antecipação, relações de força, história de leitura, tipos de repetição (empírica, formal e histórica) e leitores virtual e real.

2.4. Apoios metodológico e analítico relativos às entrevistas

Metodologicamente, durante a preparação e a realização das entrevistas, procurei seguir ao máximo as recomendações de Ludke e André (1987), respeitando os entrevistados e os horários combinados, procurando não interferir nas respostas, atentando para a elaboração das questões do roteiro semi-estruturado e para o momento das entrevistas, buscando estimular o fluxo natural de informações e ouvindo atentamente as respostas.

Para analisar as entrevistas baseio-me em noções da Análise de Discurso e em Almeida (2007), a qual também procurou pensar as entrevistas na perspectiva desse referencial teórico. Segundo a autora:

[...] pensarmos a análise de sequências verbais, incluindo aquelas obtidas em entrevistas como processos discursivos a serem analisados tendo em conta os aportes da análise de discurso [...], implica em buscar determinar as condições de produção dos dizeres e os efeitos de sentido produzidos, ou seja, quem disse, para quem disse, quando disse e onde disse, considerando que as posições a serem analisadas são as imaginárias e não as concretas imediatas. p. 123.

Além disso, Almeida (2007) destaca que o imaginário envolvendo as expectativas dos entrevistados em relação ao entrevistador e vice-versa - isto é, o mecanismo de antecipação e as condições de produção de maneira geral -, interferem nas respostas.

2.5 A entrevista a um pesquisador em ressonância magnética

Realizei uma entrevista a um pesquisador em ressonância magnética nuclear (RMN) como forma de conhecer um pouco mais sobre o assunto e de analisar suas posições sobre aspectos relacionados ao ensino de física e aos textos de divulgação científica (DC). Dessa forma, além de ter contribuído para a escrita do texto sobre RMN apresentado na quarta seção do primeiro capítulo deste trabalho, as posições manifestadas pelo pesquisador ajudaram-me a refletir acerca das atividades desenvolvidas com os estudantes.

A entrevista foi realizada no dia oito de outubro de 2012 junto ao Professor Doutor Roberto José Maria Covolan, o qual desenvolve atividades de docência e pesquisa no Instituto

de Física Gleb Wataghin da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). A entrevista durou 84 minutos, foi gravada em áudio, transcrita e revisada pelo entrevistado.

Covolan tem graduação, mestrado e doutorado em física pela Unicamp, pós-doutorados na Itália (Universidade de Turim) e nos Estados Unidos (Universidades de Rockefeller e Harvard). Teve importante participação na criação do curso de Física Médica da Unicamp, é responsável pelo Grupo de Neurofísica do Instituto de Física Gleb Wataghin e, embora não tenha feito a licenciatura, trabalhou, segundo ele, no final dos anos 1970, como professor de física do Ensino Médio (EM). A entrevista foi pensada porque um dos focos de sua atuação é a RMN, especialmente a ressonância magnética funcional. Além disso, é o primeiro autor de um artigo de DC sobre ressonância magnética - Covolan *et al.* (2004).

Para a realização da entrevista segui um roteiro semi-estruturado que continha as seguintes solicitações ao entrevistado: explicação sintética do que é a RMN, de aspectos relacionados ao funcionamento do aparelho, de possíveis riscos quando se realiza um exame, de vantagens e desvantagens em relação a outras técnicas que visam a produção de imagens; opiniões sobre o ensino de física, sobre os textos de DC e o uso deles na escola, e sobre abordar a RMN e o conceito de *spin* no EM.

Passo agora a descrever algumas das respostas dadas pelo entrevistado a respeito do ensino de física e dos textos de DC, analisando as posições por ele manifestadas. Ressalto ainda que no início da entrevista, a pedido do professor, esclareci alguns elementos e objetivos do meu projeto, o que, devido ao mecanismo de antecipação (ORLANDI, 2005) também entra como elemento das condições de produção da entrevista.

Ao ser questionado sobre que tópicos de física deveriam ser ensinados no EM, pautado no desinteresse que notava por parte de seus alunos quando lecionou nesse nível de ensino, o pesquisador afirmou ser interessante a busca por novos temas que possam provocá-los. Além disso, pautado em sua experiência enquanto estudante e enquanto professor da graduação, deu a entender que para alunos que gostam de física (como era seu caso), o estudo da Física Clássica, embora necessário, não é tão interessante quanto o da Física Moderna e Contemporânea (FMC). Assim, Covolan parece acreditar ser interessante a inserção de temas de FMC no EM, alinhando-se, portanto, ao discurso predominante entre os pesquisadores da área de ensino de física.

Ainda na resposta a essa mesma questão, o entrevistado foi crítico quanto ao uso exclusivo do formalismo matemático nas aulas de física, defendendo a importância em notar que estamos cercados por fenômenos físicos. Dessa forma, Covolan novamente filiou-se ao discurso predominante entre os pesquisadores em ensino de física.

Destaco que os discursos sobre a educação no Brasil e as representações (imagens) evidenciadas pelo entrevistado acerca dos alunos e dos professores - sobre as quais sua vivência nesses papéis parece ter tido forte influência -, também parecem ter contribuído para as posições que assumiu. Por exemplo: ao dizer em uma das respostas que a maior parte dos estudantes chega ao EM sem dominar as operações básicas da matemática, o pesquisador parece retomar o discurso bastante divulgado atualmente a respeito do mau desempenho dos estudantes brasileiros, sobretudo em matemática.

Sobre textos de DC, ao ser questionado para que tipo de público eles seriam direcionados bem como quais seriam as suas funções, o entrevistado afirmou que a função deles é possibilitar que o público em geral tenha acesso aos assuntos que são trabalhados no campo científico. Nesse sentido, eles, além de divulgarem a ciência, transmitiriam conhecimento. Já sobre trabalhar com textos de DC no EM, o pesquisador disse acreditar que essa pode ser uma alternativa interessante para provocar os estudantes.

Quando questionado para que tipo de público ele havia escrito o artigo de DC Covolan *et al.* (2004), Covolan disse que não se lembrava muito bem, mas que acredita que tivesse em mente um leitor já com certo nível de formação. Ou seja, o entrevistado esperava que o leitor real já tivesse alguns conhecimentos, o que o levou a inscrever no texto um leitor virtual já familiarizado com algumas noções científicas. Segundo o pesquisador (ainda nessa mesma resposta), uma possibilidade seria a leitura do texto estimular o leitor a pesquisar sobre aquilo que não fosse entendido. Nesse caso, o entrevistado defendeu que os textos devam trazer elementos que o leitor já domina e elementos que ele ainda não domina. Posição coerente com a defendida por Orlandi (2000, p. 45): "Colocar, portanto, desafios à sua [do leitor] compreensibilidade sem deixar de lhe propiciar as condições para que esse desafio seja assumido de forma consequente.".

Em relação a trabalhar aspectos da RMN no EM, o pesquisador se disse surpreendido, pois segundo ele, trata-se de um assunto sofisticado. Assim, o aluno teria que aprender antes o que é átomo, sua estrutura, o que é *spin*, magnetismo, etc. Nesse sentido, embora acredite que

seja possível discutir esse tema no terceiro ano do EM, Covolan sugere que seria necessário pensar se isso seria recomendável. Dessa forma, nesse trecho, o professor assumiu o discurso dos pré-requisitos, isto é, o discurso de que é necessário possuir uma base para a compreensão do assunto.

Devo frisar que, neste trabalho, assumi a ideia de que embora a presença dessa base, dessa história de estudo contribua para a produção de sentidos, ela não é indispensável dependendo do que se espera. Há níveis de interpretação, isto é, a aprendizagem não é uma questão de tudo ou nada.

Ainda na resposta à mesma questão, o entrevistado afirmou que apesar da RMN estar presente no dia-a-dia, em todas as clínicas de imagens médicas - o que ele acredita ser interessante para o ensino -, nem mesmo físicos de outras áreas conheceriam em detalhe seu funcionamento. Além disso, segundo o professor, algumas pessoas provavelmente não têm a menor noção do que seja o equipamento de RMN por não terem acesso a serviços de saúde mais modernos.

Vale ressaltar que o intuito deste trabalho não foi fazer com que os estudantes soubessem em detalhe como funciona a RMN, mas sim, com que entrassem em contato com alguns de seus aspectos. Nesse sentido, mesmo que alguns estudantes ainda não tenham ideia do que seja o aparelho de RMN, creio ser interessante trabalhar esse assunto no EM a fim de possibilitar-lhes o contato com algumas noções associadas a esse objeto tecnológico, até porque se trata de um aparelho cada vez mais comum e mais falado na mídia²³ - não esquecendo, contudo, de levar em conta os possíveis riscos de seu uso e de considerar o fato de que por se tratar de um aparelho de alta tecnologia estão envolvidos custos que podem torná-lo inacessível à população de baixa-renda: interesses políticos, sociais e econômicos também estão em jogo.

Um ponto que segundo o entrevistado poderia ser discutido em aulas de física do EM (a pergunta foi a seguinte: “Em se trabalhando a ressonância magnética no Ensino Médio, o que o senhor acha que poderia acrescentar aos estudantes? E como o senhor acha que seria a resposta por parte deles?”), é a importância que os desenvolvimentos da ciência fundamental - no caso da RMN, especialmente os desenvolvimentos na área de estrutura da matéria - têm

²³ Na Introdução comentei brevemente sobre essa presença da RMN em notícias divulgadas por um jornal de grande circulação no Brasil.

para o desenvolvimento de tecnologias e de equipamentos. Isso, em sua opinião, aponta para a necessidade de se investir não só no desenvolvimento de tecnologias, mas também no desenvolvimento da ciência básica. Assim, nesse trecho o pesquisador assumiu o discurso da comunidade das ciências básicas, a qual defende mais investimentos para essa área.

Ao comentar os resultados das sondagens que realizei junto a estudantes do EM²⁴ - os quais apontaram que eles têm grande interesse em compreender o funcionamento do aparelho de ressonância magnética -, o entrevistado ficou bastante surpreso. Na sequência, ao questioná-lo se haveria como simplificar o assunto para torná-lo mais plausível de ser trabalhado no EM, o professor afirmou que seria necessário tomar cuidado para não incorrer em erros conceituais, como, por exemplo, dizer que o *spin* está relacionado ao giro da partícula ao redor dela mesma. Esse teria sido, segundo ele, o primeiro modelo explicativo para a origem do *spin*, o qual, no entanto, teria sido abandonado por não ser compatível com valores medidos experimentalmente.

Na resposta a essa mesma questão, ao afirmar que mesmo desconhecendo a origem do *spin* foi possível utilizar suas propriedades para o desenvolvimento de objetos tecnológicos, o pesquisador entrevistado evidenciou a importância dos modelos teóricos. Nesse sentido, acredito que essa é outra questão que possa vir a ser discutida com alunos do EM, afinal, aponta para o fato de que na física se trabalha com modelos teóricos que visam explicar a natureza.

Por fim, Covolan acredita que esse aspecto "misterioso" a respeito da origem do *spin* poderia atrair o interesse dos alunos - opinião com a qual concordo.

2.6. Breve caracterização da escola, das turmas, da minha relação com os alunos e das práticas que costumava adotar enquanto professor

A escola em que o trabalho foi desenvolvido localiza-se na região central da cidade de Campinas. Provavelmente por esse motivo, recebe alunos vindos de diferentes bairros, os quais em sua maioria utilizam o transporte público para chegar à escola²⁵. Trata-se de uma escola pública estadual que no período diurno tinha onze turmas de primeiro ano, sete de

²⁴ Uma delas já foi relatada na Introdução e a outra será abordada na seção 2.7.

²⁵ Vale dizer que durante o ano de 2012, em mais de uma situação muitos alunos acabaram se ausentando devido à realização de greves por parte do setor de transporte público municipal.

segundo ano e cinco de terceiro ano, todas do Ensino Médio (EM), totalizando cerca de 900 alunos - cada turma possuía em média 40 alunos. No período vespertino a escola recebia alunos do Ensino Fundamental Séries Iniciais. Já no período noturno a escola voltava a receber alunos do EM.

As três turmas do segundo ano do EM diurno que colaboraram na pesquisa e das quais eu era o professor desde o início do ano de 2012 serão designadas doravante como turmas X, Y e Z.

A turma X, como um todo, tinha como característica certa tendência à rebeldia em relação às atividades desenvolvidas em sala de aula²⁶. Nesse sentido, gostavam bastante de conversar - muitas vezes em voz alta -, o que costumava atrapalhar o andamento das aulas e tornava necessária minha constante intervenção - nem sempre atendida por sinal.

A turma Y, como um todo, tinha no início do ano um comportamento semelhante ao da turma X, caracterizado por baixa participação nas atividades desenvolvidas em sala de aula. No entanto, com o passar do tempo, notei que mais alunos passaram a participar ativamente das aulas.

Já a turma Z, como um todo, tinha como característica principal bom nível de participação por parte dos estudantes, embora em algumas situações, assim como ocorria nas turmas Y e X, principalmente, fosse necessária minha intervenção buscando criar um ambiente mais propício para o processo de ensino.

Em geral, minha relação com as turmas era muito harmoniosa. Procurava ter como princípio o respeito pelos alunos e a preocupação com eles, o que, de certa forma, acredito que era reconhecido e retribuído em forma de colaboração. Apesar disso, era um professor jovem, em início de carreira (menos de um ano), isto é, tinha pouca vivência no ambiente escolar - o que, por um lado, pode ter favorecido para o estabelecimento dessa relação harmoniosa, mas, por outro, pode ter contribuído para uma imagem de professor com pouca autoridade.

Minhas aulas costumavam ser expositivas, utilizando os tradicionais giz e lousa. Nelas, procurava incentivar a manifestação de dúvidas (as quais pouquíssimas vezes eram

²⁶ Situação que ilustra a discussão realizada na Introdução, ou seja, o fato de que há um descompasso entre o que se ensina na escola (incluindo a forma como se ensina – forma e conteúdo sempre pensados aqui como indissociáveis) e o interesse dos alunos.

manifestadas) e apresentar questões relacionadas a situações plausíveis de serem vivenciadas pelos alunos²⁷.

Utilizava como guia de conteúdos o material distribuído às escolas estaduais paulistas pelo governo (o chamado "Caderno do Aluno" - dividido por bimestres e por disciplinas). Em especial, costumava utilizar algumas ideias, exemplos e atividades sugeridas por esse material. Vale frisar ainda, que nas raras vezes que pedi para que os alunos lessem textos presentes nele, notei baixos níveis de participação e de concentração na leitura.

A respeito da abordagem que realizava em termos do formalismo matemático inerente à física, apenas apresentava aos alunos as equações envolvidas e realizava e sugeria exercícios bastante simples. Além disso, em cada bimestre realizava com os alunos uma avaliação individual valendo 50% da nota. O restante era avaliado em termos da realização de atividades em sala de aula (30%) e de um trabalho ou uma lista de exercícios (20%).

2.7. A Sondagem inicial

A título de sondagem inicial, no início de abril de 2012, desenvolvi com as três turmas do segundo ano do Ensino Médio (EM) das quais eu era o professor de física a mesma atividade de leitura que já havia desenvolvido durante minha iniciação científica (com outros alunos e em outra escola). Conforme relatado na Introdução deste trabalho, antes de responderem às questões propostas, os alunos leram um breve texto montado com recortes de artigos de divulgação científica (Anexo I). O texto informava muito sinteticamente as origens da Física Quântica (FQ) e qual a sua relevância em termos de aplicações tecnológicas. No total, 73 alunos²⁸ participaram dessa sondagem.

Numa primeira aula, os estudantes realizaram a leitura sugerida e responderam individualmente a um questionário que continha as seguintes questões: 1) Você já tinha ouvido falar ou lido alguma coisa sobre a teoria quântica? O quê e onde? 2) Se você fosse contar a alguém o que leu nesse texto, o que você contaria? 3) Que dificuldades você teve na

²⁷ Exemplo: quando fui tratar o conceito de "pressão", questionei-os sobre o que doeria mais: levar um "pisão" de uma mulher que estivesse calçando tênis ou "salto alto". Questionei também o que eles poderiam tentar fazer se eles estivessem em um carro que atolasse na lama.

²⁸ O número total de alunos somadas as três turmas era superior a 110, entretanto, a atividade foi desenvolvida na quarta e quinta-feira anteriores à Páscoa (dependendo do dia em que a turma tinha aula de física), o que provavelmente explica a ausência de muitos alunos.

leitura do texto? 4) Você gostaria de ter aulas sobre a física quântica? Para quê? Por quê? 5) Diga dos seguintes objetos que foram produzidos a partir de conhecimentos obtidos com a física quântica, qual ou quais você gostaria de entender o funcionamento: aparelho de CD; aparelho de ressonância magnética; controle remoto; lasers; telefone celular. 6) Você já sabe como funciona algum deles? Qual ou quais?

Já numa segunda aula, procurei discutir brevemente com os alunos, numa perspectiva dos conceitos físicos envolvidos, o funcionamento do CD, do controle remoto, do laser e do telefone celular - aparelhos que eram mencionados no texto lido. Disse, também, que o aparelho de ressonância magnética seria assunto a ser discutido futuramente.

Embora não seja o objeto central deste trabalho, apresento a seguir os resultados dessa sondagem, afinal, eles fazem parte das condições de produção desta pesquisa, uma vez que ajudaram a pensar a natureza das atividades que foram posteriormente desenvolvidas com essas turmas. Vale frisar que minha intenção não é analisar a correção das respostas, mas sim a maneira como os estudantes produziram sentidos sobre o texto lido.

Quando questionados se já tinham lido ou ouvido falar sobre a teoria quântica, 74% dos alunos responderam que não e 26% que sim - lembrando que 73 alunos participaram dessa sondagem. Esse resultado parece indicar que a FQ não costuma ser um assunto muito presente na vida de boa parte dos estudantes, embora muitos objetos tecnológicos que utilizam e/ou que podem ter seus funcionamentos explicados por ideias dessa teoria o façam.

Quando questionados o que do breve texto que haviam lido contariam para alguém, houve forte predominância de respostas que classifico como repetições formais e empíricas (quase 90% somando essas duas categorias). Além disso, 6% dos estudantes não responderam de maneira clara (foram evasivos, alheios à questão) e apenas 4% utilizaram repetições históricas. Apesar disso, analisando as respostas dos estudantes, verifiquei que a grande maioria deles conseguiu identificar o que parece ser o ponto central do texto: mostrar que há relação entre a FQ e o desenvolvimento de objetos tecnológicos contemporâneos. Apresento a seguir algumas respostas de estudantes a essa questão, ressaltando que, em todos os casos, optei por manter a grafia original das respostas, isto é, não fiz qualquer tipo de correção em relação a aspectos linguísticos:

"Eu contaria que a quântica é uma teoria fundamental para os avanços tecnológicos de nosso mundo atual."

"Que a quântica é a teoria fundamental para os avanços tecnológicos de nosso mundo atual e do vasto conhecimento que estamos adquirindo."

Essas duas respostas foram classificadas como repetições empíricas porque um dos trechos do texto lido pelos estudantes antes de responderem às questões dizia: "A quântica é uma teoria fundamental para os avanços tecnológicos de nosso mundo atual e do vasto conhecimento científico que estamos adquirindo."

Já as duas respostas a seguir foram classificadas como repetições formais porque falam diretamente sobre o conteúdo do texto lido, mas sem, entretanto, copiarem literalmente trechos dele:

"Contaria que li um texto bem interessante sobre teoria quântica e que ela é bom porque ajuda nos avanços tecnológicos e ajuda na área da medicina que são muito importante."

"A teoria quântica foi criada para solucionar os problemas tecnológicos e foi ela que ajudou a evoluir muitas coisas como: celular, computador, etc."

Utilizar repetições empíricas e repetições formais parece ser uma prática bastante enraizada na escola, constituindo um dos elementos do que poderíamos chamar de cultura escolar. Dessa forma, quando da realização de leituras na escola, os estudantes parecem ter como preocupação quase que exclusiva identificar o que o texto diz a respeito do assunto – modo de leitura que valoriza a relação do texto com seu referente (ORLANDI, 1987) e que está relacionado, provavelmente, à maneira como são feitas as avaliações.

Por fim, apresento a seguir duas respostas que foram classificadas como repetições históricas:

"Que sem a teoria quântica nossa vida iria ser bem mais complicada, pois não existiria vários objetos muito importante como celular e TV."

"Contaria que a Física quântica, que é uma coisa incrivelmente complexa, está mais próxima do que nós pensamos, pois está presente em diversos aparelhos do nosso cotidiano como por exemplo, o controle remoto."

O estudante que escreveu a primeira resposta estabeleceu relações entre o texto lido e suas condições de vida, produzindo sentidos para além do contexto imediato de leitura. Já o

estudante que escreveu a segunda resposta foi capaz de relacionar o texto com sua história de leitura sobre o assunto, pois certamente em outra ocasião ele leu (ou ouviu falar) que a FQ era uma teoria complicada – o que não era dito pelo texto. Dessa forma, caracterizo essas respostas como apresentando repetições históricas.

Quando questionados se tiveram dificuldades na leitura do texto, apenas 10% disseram que sim. Nesses casos, foram apontados como dificuldades: compreender o assunto do texto, desconhecer o que é FQ e entender a teoria quântica e os argumentos utilizados no texto. De fato, julgo que o texto era bastante curto, simples e informativo.

Apresento a seguir algumas respostas de estudantes a essa questão:

"Não tive nenhuma dificuldade."

"Nenhuma, a linguagem utilizada é bem clara e específica."

"Tive dificuldade pois não sabia o que era a quântica."

"O entendimento da matéria."

Quando questionados se gostariam de ter aulas sobre FQ, 89% dos estudantes afirmaram que sim, justificando suas respostas, na maioria das vezes, por acharem que se trata de um assunto importante e/ou interessante. Esse resultado parece indicar que a leitura realizada agiu como elemento desencadeador de interesse em ter aulas sobre FQ, especialmente, porque o texto mostrava a importância da FQ para o desenvolvimento de alguns objetos tecnológicos contemporâneos. Além disso, sugere que os estudantes valorizam a aplicabilidade, a utilidade associada ao conhecimento. Há que se lembrar, contudo, do mecanismo de antecipação, isto é, da tendência de que as respostas se prendam àquilo que supostamente quem perguntou (nesse caso eu, o professor) gostaria de ouvir.

Apresento a seguir as respostas de alguns estudantes:

"Sim. Porque gostaria de saber como funciona. Sempre tive a curiosidade de entender como funciona os aparelhos de CD."

"Sim. Porque na minha opinião é muito interessante estudos sobre esse assunto, descobrir coisas novas para ter uma sabedoria sobre o universo."

"Não, porque eu não gosto de física."

Na quinta questão, pedi aos alunos que dissessem de qual ou quais dentre os seguintes objetos tecnológicos citados no texto: aparelho de CD, aparelho de ressonância magnética,

controle remoto, laser e telefone celular, eles gostariam de compreender o funcionamento. Novamente, assim como ocorreu na sondagem realizada com os alunos de outra escola no ano de 2010 (já relatada na Introdução deste trabalho), o aparelho de ressonância magnética foi o mais citado. Apresento o levantamento quantitativo das respostas dadas a essa questão na Tabela 4 - lembrando que muitos estudantes colocaram nas respostas mais de um objeto:

Tabela 4: Interesse em compreender o funcionamento de objetos tecnológicos

Objeto tecnológico	Número de alunos que citaram	% correspondente
Aparelhos de ressonância magnética	42	57,5
Telefones celulares	41	56,2
Aparelhos de CD	32	43,8
Lasers	32	43,8
Controles remotos	27	37,0

Embora não haja diferença considerável entre o interesse manifestado pela compreensão do funcionamento do aparelho de ressonância magnética e dos telefones celulares, eles se destacam em relação aos outros, representando mais da metade dos estudantes. Assim, partindo do pressuposto de que seria interessante explicitar relações entre conteúdos da física e aspectos de objetos tecnológicos contemporâneos, os resultados apresentados na Tabela 4 – juntamente com aqueles relatados na Introdução – deram-me indícios de que trabalhar em sala de aula o funcionamento do aparelho de ressonância magnética poderia favorecer uma participação mais efetiva de boa parte dos estudantes.

Por fim, na última questão perguntei se os alunos sabiam como funciona algum desses aparelhos. 19 alunos afirmaram que conheciam o funcionamento dos controles remotos, 17 dos telefones celulares, dez dos aparelhos de CD, três dos lasers e apenas um aluno disse conhecer o funcionamento dos aparelhos de ressonância magnética. Apresento a seguir algumas respostas:

"Sim. Controle remoto."

"Sim, usamos o celular e telefones para conversar, mandar mensagens, se interagir com o mundo através de um aparelho é muito bom."

"Sim. Celular, aparelho de CD, controle remoto e lasers."

"Sim. Aparelho de CD, aparelho de ressonância magnética, controle remoto, telefone celular."

"O controle remoto funciona da seguinte forma, você aperta algum botão e através de ondas magnéticas muda o canal."

"Não conheço nenhum, mas queria saber como funcionam."

Interessante ressaltar que quando da elaboração da questão, minha ideia foi atribuir à expressão “saber como funciona” o sentido de saber quais as noções científicas que possibilitam explicar como determinado objeto tecnológico realiza certas funções. Por outro lado, como é possível observar em algumas das respostas supracitadas, alguns alunos parecem ter tomado a expressão “saber como funciona” como significando “conhecer as funções” ou como significando “saber utilizar”. Dessa forma, evidencia-se a não-transparência da linguagem, afinal, diferentes formações discursivas se fizeram presentes durante o processo de produção de sentidos.

2.8. A seleção do texto sobre ressonância magnética

Como minha proposta foi trabalhar com estudantes do Ensino Médio (EM) alguns fundamentos, conceitos físicos envolvidos e aspectos do funcionamento da ressonância magnética (RMN) através de um texto de divulgação científica (DC), inicialmente foi necessário realizar uma busca por artigos de DC²⁹ que falassem especificamente sobre RMN. Ressalto que houve grande preocupação em selecionar um texto com bom nível de rigor científico, afinal, assumi o pressuposto de que a escola é a instituição em que os assuntos podem e devem ser tratados com maior rigor. Dessa forma, a fim de garantir certa confiabilidade à escolha - embora reconheça a polemicidade do assunto -, optei por restringir as opções a textos escritos por cientistas ou com a colaboração destes. Entretanto, independentemente dessa restrição, foram encontrados apenas dois textos de DC abordando especificamente a RMN: Covolan *et al.* (2004) e Bonagamba, Capelle e Azevedo (2005), sendo que o primeiro é mais voltado para a ressonância magnética funcional.

²⁹ Embora acredite que haja enorme heterogeneidade em termos de rigor no tratamento dos temas, consulte as revistas: Com Ciência, Ciência Hoje, Ciência e Cultura, Galileu, Superinteressante e Scientific American - Brasil.

Após a leitura dos dois textos, selecionei Bonagamba, Capelle e Azevedo (2005)³⁰ para ser trabalhado com os alunos do EM. Justifico a opção feita pelo fato de que esse texto trata da RMN de maneira mais geral e com uma linguagem que considero relativamente menos complicada.

Tendo explicitado o procedimento de escolha do texto, passo agora a analisar a maneira como o texto selecionado aborda a RMN.

Bonagamba, Capelle e Azevedo (2005) deram ao texto o título: “A RMN e suas aplicações atuais”, o qual foi publicado no volume 37, número 221 da revista de DC “Ciência Hoje”, possuindo nove páginas, seis figuras e quatro *boxes*³¹ (nos quais também há algumas imagens).

A revista de DC “Ciência Hoje” é a primeira revista brasileira do gênero, tendo sido fundada em 1982. Trata-se de uma publicação do Instituto Ciência Hoje, o qual é vinculado à Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC).

Segundo Gomes, Fusinato e Neves (2010), a revista Ciência Hoje é, juntamente com a revista Pesquisa Fapesp, a revista de DC mais bem conceituada pela academia devido ao fato de seus artigos serem escritos por autores com sólida formação científica. Ferreira e Queiroz (2012b), ao também destacarem a excelente reputação dessa revista, afirmam que ela costuma ser constantemente atualizada, trazer matérias da atualidade e de interesse social e estar presente em bibliotecas e escolas, o que facilitaria seu acesso, principalmente aos professores.

Na época da publicação do texto, os três autores eram professores do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), *campus* São Carlos. Além disso, o primeiro e o terceiro autores trabalham com RMN (segundo análise de seus currículos na Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq).

Os autores começam falando sobre o *spin* e sobre as linhas espectrais de átomos. Logo nas primeiras páginas, trazem também, em um *box*, a descrição dos experimentos de Stern e Gerlach e de Rabi e Cohen. Na sequência do texto, comentam sobre a descoberta de que substâncias podem absorver ondas de rádio, sobre níveis de energia, sobre o alinhamento dos *spins* quando submetidos a campos magnéticos, sobre o efeito na orientação desses *spins* quando se aplica sobre eles uma radiação na faixa de radiofrequência e sobre o uso da RMN

³⁰ O texto pode ser visualizado no Anexo II.

³¹ Um *box*, ou caixa, é um espaço delimitado dentro do texto. Ele normalmente inclui elementos explicativos relacionados à matéria principal.

para a produção de imagens do corpo humano e para aplicações na computação quântica. Na penúltima página, há um *box* falando sobre o laboratório no qual os autores trabalhavam; e na última página, dois *boxes*, um comentando sobre *bits* quânticos (os *q-bits*) e outro sugerindo cinco textos para leitura - todos publicados em revistas brasileiras de DC (três na Ciência Hoje, um na Ciência e Cultura e outro na Pesquisa Fapesp).

Destaco ainda que na segunda página do texto, Bonagamba, Capelle e Azevedo (2005) afirmam que o elétron tem um momento magnético que “foi interpretado como consequência do movimento giratório dessa partícula em torno do próprio eixo ou, mais precisamente, do momento angular intrínseco, chamado *spin*.” Assim, apesar da passagem estar escrita no passado (“foi interpretado”), os autores não esclareceram que esse modelo explicativo que associa o *spin* ao giro da partícula ao redor dela mesma não é aceito cientificamente – como foi dito pelo pesquisador entrevistado. Além disso, nas duas primeiras páginas do texto há figuras de piões, o que também aponta para a analogia (equivocada) entre *spin* e o movimento do pião em torno dele mesmo.

Buscando fazer uma breve análise do texto, utilizo as considerações de Zamboni (2001) e de Ferreira e Queiroz (2012b). Partindo do pressuposto de que a DC constitui um gênero de discurso, Zamboni (2001) afirma que os textos desse gênero possuem traços de didaticidade, laicidade e cientificidade. Nesse sentido, Ferreira e Queiroz (2012b) consideram que os traços de cientificidade são aqueles típicos do discurso científico. Eles revelariam aspectos explícitos e implícitos da práxis científica, tais como características pessoais de cientistas, consequências de produtos da ciência, etc. Textos com alto grau de cientificidade suporiam leitores com certo nível de qualificação. Já os traços de laicidade estariam relacionados ao discurso cotidiano, compreendendo formas de contextualização. Por fim, os traços de didaticidade seriam os próprios do discurso didático, como explicações, recapitulações, etc. Eles procurariam facilitar a compreensão do texto. Além disso, quanto menor a distância pressuposta pelos autores entre os níveis de conhecimento do texto e do leitor, menor tenderia a ser sua didaticidade, afinal, não seriam necessários tantos esclarecimentos.

Vale dizer ainda, que a predominância de um traço em relação aos demais provavelmente “ocorra em função da natureza do assunto a ser tratado no texto de DC, dos

objetivos dos autores e da representação que fazem de seus destinatários." (FERREIRA e QUEIROZ, 2012b, p. 39).

Zamboni (2001) também destaca a noção de densidade discursiva. Quanto maior a densidade discursiva de um texto, mais difícil seria recontextualizá-lo, simplificá-lo, reformulá-lo. Textos científicos, por exemplo, especialmente pela presença de muitos conceitos, possuiriam alta densidade discursiva. Isso ajudaria a explicar porque mesmo em alguns textos de DC, ou trechos desses, a linguagem não é tão acessível a um público não/pouco conhecedor do assunto.

Os trechos a seguir, retirados do texto objeto de análise (Bonagamba, Capelle e Azevedo, 2005), podem evidenciar seus traços de cientificidade:

[...] Essa estrutura fina, como foi denominada, colocou em cheque as teorias da época, incluindo o próprio modelo de Bohr. Posteriormente, os experimentos trouxeram outra surpresa: até as linhas individuais dos multipletos podem consistir de várias sublinhas, dessa vez batizadas de estrutura hiperfina. p. 43.

Uma evolução importante do experimento de Stern e Gerlach foi introduzida pelo físico austríaco Isidor Rabi (1898-1988) e o norte-americano Victor Cohen em 1934. [...] p. 43.

Esses trechos ilustram como os autores, mesmo que implicitamente, revelam aspectos do "fazer ciência", uma vez que mostram o constante desenvolvimento dos experimentos, das técnicas, das teorias.

Já os trechos a seguir podem evidenciar traços de laicidade do texto:

Quando se fala em ressonância magnética nuclear (RMN), possivelmente a primeira ideia que vêm à cabeça seja a do equipamento empregado para diagnóstico médico por imagem. A associação se justifica, afinal dezenas de milhões desses exames são feitos por ano no mundo. [...] p. 40.

Apesar da complexidade teórica que envolve o *spin*, essa propriedade pode ser facilmente observada em nosso dia-dia: o magnetismo produzido pelo *spin* é o responsável pelas propriedades magnéticas do ferro e de outros ímãs simples. p. 42.

Esses trechos ilustram como os autores buscaram aproximar o conteúdo discutido a aspectos possivelmente mais presentes no dia-a-dia do leitor, como a realização de exames de RMN em hospitais ou o magnetismo de ímãs.

Já os trechos a seguir podem evidenciar traços de didaticidade do texto:

É interessante observar que, para ser completada, a descrição matemática de uma propriedade que aparentemente é tão simples - o giro de um objeto pequeno em torno de si mesmo - precisou esperar o casamento das duas grandes revoluções conceituais do início do século passado: a teoria da relatividade restrita, publicada em 1905 pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955), e a mecânica quântica, cujo desenvolvimento se deu principalmente na década de 1920. A primeira modificou os conceitos sobre espaço e tempo, com consequências principalmente para objetos que se deslocam a velocidades próximas à da luz no vácuo (300 mil km/s); e a outra descreveu os fenômenos observados no microuniverso dos átomos e das moléculas. p. 42.

[...] Vale mais uma vez lembrar que esse valor de frequência de transição depende da intensidade do campo aplicado sobre o núcleo [...] p. 45.

No primeiro trecho os autores fornecem uma breve explicação ao leitor do que são as teorias da Relatividade Restrita e da Mecânica Quântica. Já no segundo trecho, eles recapitulam um aspecto já discutido. Assim, trata-se de traços de didaticidade.

No geral, considero que há no texto predomínio de traços de cientificidade, sobretudo, pela baixa frequência de contextualizações e de explicações – características dos traços de laicidade e de didaticidade, respectivamente.

Vale destacar também a alta densidade discursiva do texto, o qual é caracterizado em sua maior parte pela presença de muitos conceitos e de uma linguagem que considero pouco acessível a um público não/pouco conhecedor do assunto. Mesmo as figuras e os *boxes* trazem muitas explicações teóricas e técnicas. Os trechos do texto reproduzidos a seguir ilustram essas constatações:

O átomo de prata tem um elétron desemparelhado na última camada e, por essa razão, seu comportamento magnético é equivalente ao de um elétron isolado submetido à força magnética. [...] p. 42.

[...] No interior do ímã C, foi colocada uma bobina alimentada por um gerador de radiofrequência. p. 42.

Hoje, sabemos que a estrutura fina se deve ao fato de os elétrons orbitarem o núcleo com velocidades próximas à da luz, sendo assim sujeitos a efeitos relativísticos. Já a estrutura hiperfina é explicada pela interação entre o momento magnético do elétron e o das partículas no núcleo. p. 43.

O experimento de RMN também está baseado na existência do *spin* nuclear - dito de forma mais técnica, o *spin* nuclear é a soma vetorial dos momentos angulares associados aos movimentos orbitais e dos *spins* dos prótons e nêutrons que formam o núcleo. [...] p. 44.

Esses trechos também evidenciam que os autores pressupõem um leitor que já possui certa familiaridade com a física, isto é, eles inscrevem no texto um leitor virtual que já sabe (ou que deve procurar saber consultando outros materiais) o que é um "elétron desemparelhado", o que é a "força magnética", o que é uma "bobina", o que é "momento magnético", o que são "prótons" e "nêutrons", entre outros termos comuns na formação discursiva dos físicos.

Embora não acredite na ideia de que há necessariamente pré-requisitos para que ocorra aprendizagem, considere que o fato do texto trazer muitos elementos desconhecidos aos estudantes poderia levá-los ao desinteresse por sua leitura – da mesma forma que um texto que possuíse apenas elementos conhecidos também poderia levá-los a esse desinteresse. Nesse sentido, parece incoerente pensar a utilização desse texto como desencadeador do gosto pela leitura. Por outro lado, trata-se de um texto que aborda um tema que parece interessar aos estudantes, o que, nesse caso, sugere a importância da mediação do professor especialmente como forma de tornar o assunto mais acessível a eles.

2.9. Condições de produção da leitura sobre ressonância magnética e das entrevistas a quatro estudantes

A atividade de leitura sobre ressonância magnética foi desenvolvida em agosto de 2012 com 112 alunos (nem todos presentes em todas as aulas) de três turmas do segundo ano do Ensino Médio (EM) diurno de uma escola pública da cidade de Campinas das quais eu era o professor de física desde fevereiro de 2012. Tinha duas aulas por semana em cada turma, sendo que em duas dessas turmas essas aulas eram intercaladas num mesmo dia, enquanto que na outra, essas aulas eram germinadas (na sequência).

Numa primeira aula, expliquei aos alunos que iria desenvolver com eles atividades que faziam parte de minha pesquisa de mestrado e que iria gravar em áudio as aulas subsequentes. Além disso, distribuí a eles termos de consentimento, deixando claro: a) que a colaboração com a pesquisa era voluntária; b) que não assinar o termo de consentimento não significaria estar dispensado de realizar as atividades; c) que só utilizaria como material de pesquisa as falas e respostas daqueles que o assinassem; d) que eles poderiam desistir da participação a qualquer momento; e) que me comprometia a enviar aos interessados o trabalho final; e f) que, como fazia em toda atividade realizada em sala de aula, nesta, eles também teriam sua participação avaliada. Ao todo, 79 estudantes concordaram em colaborar com a pesquisa (mediante a assinatura do termo de consentimento).

Nessa primeira aula também distribuí aos alunos o texto (uma cópia foi disponibilizada para cada aluno) e o primeiro questionário, dizendo-lhes que teriam o resto da aula e a seguinte para ler o texto e responder às questões de forma individual. Devido a alguns pedidos, disse também que aqueles que não conseguissem terminar de ler ou de responder ao questionário poderiam entregá-lo na aula posterior.

Vale ressaltar que a ideia de que os alunos lessem o texto em sala de aula e não em outro período teve três motivações, todas elas apontando para a possibilidade de que a leitura em sala de aula ampliasse o número de alunos que a realizariam: a) muitos alunos trabalhavam em outros períodos; b) o texto é relativamente longo (nove páginas); e c) a escola estava desenvolvendo um projeto de leitura, o qual objetivava despertar o interesse por diferentes gêneros textuais e desenvolver o vocabulário e a capacidade de leitura dos estudantes. Para isso, durante uma aula de cada semana todas as turmas da escola deveriam estar realizando

leituras, independentemente do professor que estivesse escalado na turma. Exemplo: na última semana de agosto ficou combinado que a atividade seria desenvolvida nas segundas aulas do dia 31, ou seja, nesse horário todas as turmas da escola deveriam estar lendo. Essa importância explícita conferida pela escola à leitura foi então um dos fatores que me fizeram optar pela sugestão da leitura de divulgação científica sobre ressonância magnética em sala de aula.

O primeiro questionário era composto por três questões: 1) Vocês já ouviram falar em ressonância magnética? O quê? Onde? 2) Durante a leitura anote suas dúvidas e faça uma síntese das ideias principais do texto. 3) Pense em alguém a quem você gostaria de contar o que leu. O que você contaria?

Pedi aos alunos que respondessem ao questionário com bastante sinceridade, afinal, ele era composto por questões abertas. Em especial, destaquei que na resposta à segunda questão eles deveriam anotar todas as dúvidas, pois a partir delas basearia nossas próximas aulas.

Como a grande maioria dos estudantes me entregou o primeiro questionário respondido ainda em sala de aula, no intervalo até a aula seguinte (semana posterior), pude fazer um levantamento das dúvidas, planejando também os assuntos que seriam discutidos.

Nas terceira e quarta aulas, a partir daqui já com gravação das aulas em áudio, comecei recolhendo os questionários daqueles que não o haviam entregado na semana anterior. Na sequência, iniciei a discussão perguntando se alguém já havia feito o exame de ressonância magnética. Como em cada turma pelo menos um aluno já o havia feito, questionei como tinha sido. Posteriormente, mostrei uma foto de um aparelho hospitalar de ressonância magnética (impressa numa folha de papel sulfite) para então, tendo em vista os assuntos abordados pelo texto e as dúvidas anotadas pelos estudantes na semana anterior, discutir os seguintes tópicos: partículas (próton, elétron e nêutron); átomo e sua estrutura (núcleo e eletrosfera); magnetismo (ímãs e magnetismo terrestre); níveis de energia (estado natural e estado excitado); transições entre níveis de energia (emissão de radiação e relação frequência-energia); espectro eletromagnético (faixas de frequência: radiofrequência, microondas, etc.); *spin*, sua quantização, orientação e o efeito de campos magnéticos sobre ele; o funcionamento da RMN e questões mais relacionadas à sua aplicação na área médica; raios X e ultrassom: semelhanças e diferenças em relação à RMN; e informações sobre computação quântica. Devo frisar que em boa parte do tempo a mediação não foi muito dialógica, isto é, em muitos momentos da

mediação predominou a exposição de ideias e conceitos, sem a participação efetiva dos estudantes.

Vale ressaltar ainda que meu planejamento inicial incluía também a discussão dos seguintes tópicos abordados no texto e que foram alvo de dúvidas: magnetização e os experimentos de Stern e Gerlach e de Rabi e Cohen³². Contudo, quando procurei discutir esses tópicos com a turma X, notei baixíssimos níveis de participação e de atenção por parte dos estudantes, muito provavelmente pelos níveis de complexidade e de abstração requeridos. Dessa forma, nas aulas das turmas Y e Z, decidi não abordar esses tópicos.

Na semana seguinte (quinta aula) distribui para os alunos o segundo questionário, pedindo, novamente, para que respondessem com bastante sinceridade. Esse segundo questionário era composto por duas questões: 1) Pense na mesma pessoa para quem você contou o que havia lido no texto. Depois da discussão do assunto em sala de aula, você mudaria ou acrescentaria alguma coisa ao que você contaria? O quê? 2) O que as últimas aulas sobre ressonância magnética acrescentaram ao seu conhecimento?

Por fim, vale ressaltar que oferecia aos alunos que haviam faltado a possibilidade de que eles me entregassem os questionários respondidos nas aulas seguintes.

A Tabela 5 sintetiza o que foi feito em cada aula:

Tabela 5: Síntese das atividades desenvolvidas em cada aula

1ª aula	- Esclarecimentos em relação à pesquisa - Entrega do termo de consentimento - Leitura do texto - Aplicação do primeiro questionário	1º dia
2ª aula	- Leitura do texto - Aplicação do primeiro questionário	
3ª aula	- Mediação tendo como base os assuntos abordados pelo texto e as dúvidas dos estudantes	2º dia
4ª aula	- Mediação tendo como base os assuntos abordados pelo texto e as dúvidas dos estudantes	
5ª aula	- Aplicação do segundo questionário	3º dia

Lembrando que as terceiras, quartas e quintas aulas em cada turma foram gravadas em áudio - utilizando um pequeno aparelho de MP3 - como forma de ter acesso às minhas falas e

³² Os experimentos de Stern e Gerlach e de Rabi e Cohen foram importantes para o desenvolvimento da RMN, afinal, o primeiro mostrou a quantização do *spin* e o segundo mostrou que a aplicação de radiofrequência pode ter efeito sobre sua orientação.

a algumas falas dos estudantes – permitindo, assim, uma melhor caracterização das condições de produção imediatas (o que falei enquanto professor, o que deixei de falar, como falei, etc.). Justifico a não utilização de câmeras filmadoras por acreditar que, embora possibilitem maior abrangência de informações³³, interferem de forma muito mais invasiva nas condições de produção. Em outras palavras: se utilizasse uma câmera filmadora estaria produzindo um ambiente de sala de aula totalmente distinto do habitual, afinal, o comportamento dos alunos e o meu comportamento enquanto professor seriam afetados. Não que a gravação em áudio não afete as condições de produção, mas acredito que seu efeito seja menor.

As respostas dadas pelos estudantes que aceitaram colaborar com a pesquisa (mediante assinatura do termo de consentimento) constituíram o material central das análises que serão apresentadas nas três primeiras seções do capítulo seguinte. Além disso, algumas falas desses estudantes e minha observação enquanto professor das turmas e enquanto pesquisador durante o desenvolvimento das atividades alvo das análises, também embasaram minhas considerações.

Além das informações coletadas por meio dos dois questionários, nove meses após o trabalho em sala de aula – ou seja, em maio de 2013 -, entrevistei quatro estudantes que participaram da pesquisa. O intuito foi buscar mais informações e posicionamentos desses jovens acerca do trabalho desenvolvido. Para isso, segui um roteiro de entrevistas semi-estruturado que continha os seguintes pontos: consulta se os estudantes ouviram mais alguma coisa a respeito da ressonância magnética; identificação de quais foram os principais fatores que levaram às dificuldades na leitura do texto sobre ressonância magnética; e sondagem de quais são as preferências de leitura dos estudantes.

Como eu já não era mais professor das turmas (agora do terceiro ano do Ensino Médio), nem sequer professor da escola, foi necessário entrar em contato com o atual professor de física das turmas, o qual me disse que estava com muitos conteúdos atrasados³⁴ e que, por isso, não seria possível ceder aulas para que eu conversasse com os alunos. Entretanto, ele permitiu que, individualmente, aqueles que aceitassem conversar comigo, se ausentassem brevemente de suas aulas. Assim, após explicar rapidamente para cada uma das três turmas qual era a minha proposta, evidenciando também que as entrevistas seriam

³³ Possibilitando ter acesso a gestos e expressões, além das falas.

³⁴ O principal motivo declarado pelo professor foi a greve dos professores estaduais paulistas entre abril e maio de 2013.

bastante informais e gravadas em áudio, quatro alunos – um da turma X, um da turma Y e dois da turma Z – aceitaram ser entrevistados. As entrevistas foram extremamente breves - em média dois minutos e meio cada uma.

Análises das falas proferidas pelos quatro estudantes entrevistados compõem a quarta seção do capítulo seguinte.

3. Análise das Informações Coletadas

3.1. Análise das respostas dadas ao primeiro questionário

Dos 112 alunos que estiveram presentes em ao menos uma das cinco aulas da sequência de ensino, 79 (70%) concordaram em colaborar com a pesquisa.

O primeiro questionário – o qual foi respondido por 53 desses 79 jovens (67%) – indagou em sua primeira questão se os estudantes já tinham ouvido falar em ressonância magnética, o que e onde.

Setenta e sete por cento (77%) dos estudantes afirmaram que já haviam ouvido falar em ressonância magnética, enquanto 23% afirmaram que nunca haviam ouvido falar.

A seguir, apresento e comento algumas respostas, destacando que os nomes de seus autores são fictícios, que a escolha dos nomes não teve qualquer critério – nem sequer o gênero do estudante –, que as grafias originais foram mantidas e que as respostas apresentadas representam tendências observadas junto à totalidade das respostas:

"Bom, ouvir falar eu até, ouvi só que nunca me aprofundi no assunto eu sabia, que era só um exame médico. Com meus familiares." José (Turma Y).

"Sim, serve p/ identificar tumores, etc. Eu já vi em seriados/novelas." Junior (Turma Y).

"Sim. Ressonância magnética já ouvi dizer que é um diagnóstico médico que permite descobrir se há ou não algum tipo de doença relacionada a cabeça mas não me lembro direito, por isso, não sei se a afirmação está correta. Foram em clínicas médicas onde escutei esse termo 'ressonância magnética'." Agda (Turma Y).

"Sim. Ressonancia magnetica é usada para estudar o cerebro de pacientes que tenham algum problema que seja relacionado com ele (o cerebro)." Branca (Turma Y).

"Sim. Ouvi falar que é uma operação realizada em uma máquina que avalia toda a parte cerebral. Ouvi falar pelo doutor." Serafim (Turma Y).

"Sim. Aparelho que pode nos permitir ver imagens em raio x em movimento. Primeira vez que vi, foi quando tive de passar por uma consulta." Jadson (Turma Y).

"Sim, eu fiz um exame na Pucc de Campinas foi muito agonizante." Jonas (Turma X).

"Sim. Que é um exame. Eu já fiz o mesmo." Éber (Turma Z).

Essas respostas parecem indicar que o termo "ressonância magnética" circula por diferentes suportes midiáticos, em conversas familiares, em contatos com médicos, em programas de televisão, na *internet*, etc. Nesse sentido, assumindo que poderia ser função da escola preparar os jovens para que dialoguem com as informações veiculadas por essas diferentes instâncias sócio-culturais, a ressonância magnética (RMN) aparece como um dos temas cuja discussão em sala de aula parece ser interessante. É válido notar também que nessas respostas muitos alunos relacionaram a RMN com o cérebro, o que pode indicar que a ressonância magnética funcional vem sendo bastante utilizada e/ou tem sua utilização bastante divulgada pela mídia.

Outro aspecto a ressaltar é o fato de que alguns alunos disseram nas respostas já ter realizado o exame, um deles taxando-o como "agonizante", o que remete para algumas das desvantagens da RMN enquanto técnica para a obtenção de imagens. Essa resposta de Jonas aponta também para o fato de que a formulação de questões abertas propicia a manifestação de opiniões, sentimentos, reflexões, trechos de histórias de vida, enfim, respostas que não estão limitadas em demasia ao mecanismo de antecipação, às relações de força e ao funcionamento comumente autoritário do discurso pedagógico. Em outras palavras: respostas que não procuram dizer apenas o que acreditam ser o esperado pelo professor, que não se prendem à imagem do professor como avaliador, como juiz sempre pronto a julgar o que está certo e o que está errado.

Em contrapartida, a resposta de Agda mostra sua preocupação em responder com correção: "não me lembro direito, por isso, não sei se a afirmação está correta." Ou seja, mesmo se tratando de questões de caráter pessoal - como procurei deixar claro aos estudantes enquanto professor e pesquisador -, muitas vezes o mecanismo de antecipação e as relações de força se fazem fortemente presentes pelo imaginário de que o professor sempre quer ouvir a resposta certa (mesmo quando não há uma). Fruto dos discursos que costumam ser veiculados sobre o que é a escola e como ela funciona (ou deve funcionar) e das práticas comumente adotadas em sala de aula.

Analisando as respostas a essa primeira questão, verifiquei que poucos alunos fizeram comentários sobre o que sabiam sobre RMN, possivelmente por só terem ouvido falar sobre o assunto ocasionalmente. Além disso, algumas respostas apresentam concepções alternativas sobre o assunto³⁵, o que corrobora com a hipótese de que, na escola, esse assunto talvez possa ser trabalhado com maior rigor – o que certamente não extinguirá, entretanto, a produção de algumas concepções alternativas.

Por fim, embora a maioria dos alunos tenha dito que já havia ouvido falar em ressonância magnética, alguns disseram nunca ter ouvido. Exemplos:

"Não, nunca tinha ouvido falar." Zilda (Turma Z).

"Não, nunca ouvi falar em ressonância magnética." Mario (Turma Y).

Nesses casos, abordar a RMN em sala de aula pode não fazer tanto sentido imediato a esses estudantes. Entretanto, é provável que eles venham futuramente a se deparar com esse assunto, seja por meio de algum filme ou seriado ou até mesmo devido à necessidade de que realizem um exame médico de diagnóstico por imagem. Se isso de fato vier a ocorrer, considerando que esses jovens entrem em contato com o tema na escola, certamente essa história de leitura/estudo poderá ampará-los no estabelecimento de diálogos com as situações a serem vivenciadas.

Na segunda questão, pedi para que os estudantes anotassem suas dúvidas durante a leitura e fizessem uma síntese das ideias principais do texto.

Primeiramente, apresento algumas das dificuldades relatadas pelos alunos:

"O que é spin? O que o pião tem a ver com o texto." Zilda (Turma Z).

"O que é RMN? A ressonancia magnetica tem algum perigo? O que é spin? O que é radiofrequencia? Como a agua e a parafina podem absorver ondas de radio? Tem como a maquina trasmiti alguma radiação?" Jonas (Turma X).

"Bom. No texto em que li, não consegui entender quase nada. Umas de minhas duvidas é a palavra 'spin', que foi dita na maior parte do texto e eu não consegui entender o significado. Queria entender mais sobre o computador quantico, pois só entendi que ele é um computador muito veloz. E tambem não entendi porquê o RMN é empregada na fisica, medicina, etc... Foi um texto

³⁵ Tais como as de que a RMN é uma operação e de que a RMN permite ver imagens de raios-X em movimento.

muito complicado para eu entender, gostaria de saber essas minhas duvidas." Marcio (Turma Z).

"Ainda não foi bem explicado a minha pessoa o que são átomos, eletrons, neutrons, suas estruturas e etc. Assim como como elas funcionam e como elas se unem para formar 'matéria física' como uma parede ou algo do tipo. Isso leva a total ... (como posso dizer?) não compreensão de 2/3 do texto." Glaucia (Turma Z).

"Qual a diferença entre ressonância magnética e raio-X? O que spin? Não entendi muito bem para que serve." Mario (Turma Y).

"Não sei o significado de MHz, mas já vi escrito em eletrodomésticos. Não entendi o que seria spins nucleares; Não entendi fótons." Edilson (Turma Y).

"Nesse texto tive muitas dúvidas, poucas coisas consegui entender." Edna (Turma Z).

"Esse texto eu achei ele muito cansativo para ler. Não consegui entender muita coisa, mas achei interessante, pois pensei que a ressonância magnética fosse usada somente para diagnósticos médicos. Gostaria de entender melhor sobre o assunto. Uma grande dificuldade no texto, para mim, foi as palavras "spin" que não consegui entender e devido ela estar muito presente no texto, atrapalhou meu entendimento." Roberta (Turma Z).

"O texto tem palavras um pouco complicadas para quem não conhece muito bem física e química." Agnaldo (Turma Z).

"Não tive duvidas nenhuma nesse texto." Geraldo (Turma Y).

Muitas dessas respostas evidenciam que efetivamente os estudantes que as formularam leram o texto ou parte dele, afinal, suas respostas apontam para dificuldades em interpretá-lo. Nesse sentido, embora o texto lido traga uma explicação sobre o que é *spin*³⁶, entender esse conceito foi uma dificuldade recorrente entre os estudantes - lembrando que a própria origem do *spin* ainda é desconhecida cientificamente. Além disso, o texto dá a entender que essa propriedade foi interpretada como o giro da partícula ao redor dela mesma – daí a analogia com um pião, a qual muitos alunos também não entenderam. Já Glaucia, diz que, por não ter

³⁶ “Com o desenvolvimento da física no início do século passado, foi possível constatar que a carga e a massa não eram as únicas propriedades das partículas elementares. Descobriu-se, em particular, que o elétron tem um momento magnético, que foi interpretado como consequência do movimento giratório dessa partícula em torno do próprio eixo ou, mais precisamente, do momento angular intrínseco, chamado spin.” (BONAGAMBA, CAPELLE e AZEVEDO, 2005, p. 41).

clareza sobre o que são átomos, elétrons, nêutrons, etc., não conseguiu compreender boa parte do texto. Outras dúvidas frequentes foram a respeito de radiofrequência e computadores quânticos.

Ressalto que alguns alunos formularam perguntas apontando para aspectos não presentes explicitamente no texto ou relacionando pontos discutidos nele com situações já vivenciadas. Jonas, por exemplo, questionou se a RMN oferece algum perigo e se ela transmite radiação – lembrando que Jonas é um dos estudantes que disse já ter realizado um exame de ressonância magnética. Mario questionou a diferença entre RMN e raios X. Edilson disse não saber o que significa “MHz” (megahertz), embora tenha notado que muitos aparelhos eletrodomésticos tragam essa inscrição.

Ainda em relação à resposta de Mario, ela parece também evidenciar a preocupação do estudante no que diz respeito à utilidade da RMN, ou seja, para Mario não basta saber o que são RMN, raios X e *spin*, é necessário saber também quais são as aplicações práticas decorrentes.

Acredito que todos os estudantes que efetivamente leram o texto tiveram muitas dúvidas, afinal, trata-se de um texto de divulgação científica com consideráveis níveis de complexidade linguística e de densidade conceitual. Trechos das respostas de Marcio (“não consegui entender quase nada”), Edna (“tive muitas dúvidas”), Roberta (“cansativo para ler”) e Agnaldo (“palavras um pouco complicadas”) ilustram esse fato. Trinta por cento (30%) dos alunos, entretanto, não apontaram sequer uma dúvida, deixando a resposta em branco ou, assim como Geraldo, dizendo que não tiveram nenhuma dúvida. Acredito que, nesses casos, ou o texto não foi efetivamente lido, ou os alunos não souberam formular questões, ou ainda, eles preferiram dizer que não tiveram dúvidas para não precisar escrevê-las, o que demandaria mais esforço e mais tempo para pensar no que escreveriam.

Além de ter planejado as aulas seguintes à leitura tendo como referência as dúvidas anotadas pelos estudantes, o texto sobre RMN apresentado na quarta seção do primeiro capítulo também tenta contemplar respostas a algumas delas.

A segunda questão também pedia para que os alunos fizessem uma síntese das ideias principais do texto. Contudo, muitas respostas (53%) não atenderam a essa solicitação, o que, entre outras coisas, pode evidenciar: que poucos alunos leram efetivamente o texto; que, entre os que o leram efetivamente, houve dificuldade na interpretação do texto e/ou de quais

poderiam ser suas ideias principais; que houve certo desinteresse pela atividade; e que os estudantes não gostam/têm dificuldade em se expressar por escrito. Ainda em relação às respostas a essa questão, 21% dos alunos se limitaram a copiar um ou mais trechos do texto (repetições empíricas) - e muitas vezes trechos que podem ser considerados bastante complexos -, o que pode indicar que talvez quisessem satisfazer o professor (relações de força), oferecendo ao menos uma resposta à questão (mesmo que aleatoriamente copiada do texto). Além disso, a escolha por copiar um trecho do texto pode estar pautada também no fato de que isso garante certa correção à resposta, ou seja, o estudante pode pensar algo do tipo: “vou copiar um trecho do texto porque assim não estarei escrevendo nada errado.”.

Apresento a seguir, em itálico, uma resposta em que seu autor copiou um trecho do texto (repetição empírica) – abaixo da resposta está o trecho do texto que foi copiado:

"O experimento de RMN também está baseado na existência do spin nuclear, dito de forma mais técnica, o spin nuclear é a soma vetorial dos momentos angulares associados aos movimento orbitais e dos spins dos prótons e nêutrons que formam o núcleo." Vagner (Turma Y).

O experimento de RMN também está baseado na existência do spin nuclear – dito de forma mais técnica, o spin nuclear é a soma vetorial dos momentos angulares associados aos movimentos orbitais e dos spins dos prótons e nêutrons que formam o núcleo. [...] (BONAGAMBA, CAPELLE e AZEVEDO, 2005, p. 44).

Já Edilson, Heloisa e Glaucia, por exemplo, elaboraram sínteses bastante superficiais do texto, focando a temática que ele aborda:

"A RMN é importante pois não só ajuda com doenças, mas também na tecnologia que usamos hoje em dia." Edilson (Turma Y).

"O texto descreve bem a historia da RMN, descreve algumas de suas principais funções, experimentos e invenções e para que ela é utilizada, sem duvida é um otimo avanço, realmente uma descoberta incrível." Heloisa (Turma Y).

"O texto explica a origem da RMN com as invenções e descobertas de físicos ao longo do tempo e explicando a utilidade e processos do mesmo." Glaucia (Turma Z).

As respostas de Edilson, Heloisa e Glaucia, diferentemente da Vagner, podem ser classificadas como repetições formais, uma vez que seus autores não se limitaram a responder a questão copiando trechos do texto, mas sim, parafraseando suas ideias e comentando sobre os assuntos discutidos – ainda que de maneira bastante superficial.

Edilson parece ter parafraseado o seguinte trecho do texto:

Quando se fala em ressonância magnética nuclear (RMN), possivelmente a primeira idéia que vêm à cabeça seja a do equipamento empregado para diagnóstico médico por imagem. [...] Mas a RMN é uma técnica que se estende bem além das aplicações médicas. [...] É empregada hoje como um poderoso instrumento na física, química, medicina, biologia, agricultura e, mais recentemente, na chamada informação quântica, nova área de pesquisa cujo expoente tecnológico mais popular é o computador quântico [...] (BONAGAMBA, CAPELLE e AZEVEDO, 2005, p. 40).

Já Heloisa e Glaucia parecem ter produzido suas respostas ao notar algumas das funções e possíveis desenvolvimentos associados à RMN (apresentadas no trecho transcrito acima) e ao notar a presença de trechos que narram acontecimentos e experimentos que foram importantes para o desenvolvimento dessa técnica, tais como:

O experimento feito em 1922 por Stern e Gerlach tornou-se um clássico na história da física do século passado. [...] Em 1934, Rabi e Cohen usaram dois ímãs [...] com formatos semelhantes ao do experimento de Stern e Gerlach [...] Em 1913, o modelo de átomo apresentado pelo físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) levou a previsões – em bom acordo com resultados experimentais – para as frequências emitidas e absorvidas [...] (BONAGAMBA, CAPELLE e AZEVEDO, 2005, p. 42).

Destaco ainda o fato de que Heloisa, além de procurar resumir o que havia lido no texto, também expressou em sua resposta uma opinião sobre a RMN (“sem dúvida é um ótimo avanço”).

No geral, pude verificar que o aspecto mais mencionado quando da formulação de uma síntese para o texto, foi o de que a RMN é aplicada em muitas áreas, e não somente na medicina – como discutido por Bonagamba, Capelle e Azevedo (2005). Isso pode ser

resultado do fato de que se trata de uma informação simples de ser interpretada. Além disso, é possível que essa escolha se deva ao fato desse trecho estar localizado no primeiro parágrafo do texto.

A terceira e última questão do primeiro questionário foi: “Pense em alguém a quem você gostaria de contar o que leu. O que você contaria?”.

Analisando as respostas dos estudantes, notei que um terço delas ou estava em branco, ou era alheia à questão - seja por seus autores não a terem entendido ou para não terem que se preocupar no que escreveriam -, ou continha expressões do tipo: “Contaria a síntese que escrevi na questão anterior.”.

Tomando o restante das respostas, verifiquei que a ampla maioria delas, de acordo com a noção de repetição apresentada por Orlandi (2005), pode ser classificada como apresentando repetições empíricas - cópias idênticas de trechos do texto -, ou repetições formais - cópias parafraseadas de trechos dele. Ressalto, todavia, que, em geral, essas repetições formais foram bastante sucintas e/ou superficiais³⁷. Raramente observei indícios de repetições históricas, isto é, respostas em que os estudantes tecessem considerações entre elementos do texto e elementos provenientes de suas histórias de vida, incluindo estudo e/ou leitura. De certa forma, esse resultado já era previsto, uma vez que analisando as respostas à primeira questão, constatei que embora o termo “ressonância magnética” seja conhecido por muitos alunos, pouquíssimos souberam comentar a seu respeito. Além disso, como já discutido anteriormente, o texto sugerido aos alunos possui alta densidade discursiva, alto nível de cientificidade e baixo nível de didaticidade – termos utilizados aqui conforme Zamboni (2001).

Apresento a seguir respostas classificadas como repetições empíricas:

"Contaria que ressonância magnética é um instrumento poderoso na física, química, medicina, biologia, agricultura e, mais recentemente na chamada informação quântica, nova área de pesquisa cujo expoente tecnológico mais popular é o computador quântico, que promete ser impensavelmente mais veloz que seus congêneres atuais." Lisandro (Turma Y).

"Minha mãe, que a RMN serve pra muitas coisas e que é empregado hoje como um grande instrumento na física, química etc... E que se deslocam a velocidade próximas à da luz no vácuo (300 mil km/s), e que quando estamos

³⁷ Superficiais no sentido de serem informativas, sem qualquer indício de argumentação ou embasamento em noções e/ou conceitos científicos.

lidando com uma amostra macroscópica há nela cerca de 10^{23} núcleos.”
Donizete (Turma Y).

A resposta de Lisandro simplesmente retoma o seguinte trecho do texto:

[...] É empregada hoje como um poderoso instrumento na física, química, medicina, biologia, agricultura e, mais recentemente, na chamada informação quântica, nova área de pesquisa cujo expoente tecnológico mais popular é o computador quântico, que promete ser impensavelmente mais veloz que seus congêneres atuais. (BONAGAMBA, CAPELLE e AZEVEDO, 2005, p. 40).

Já a resposta de Donizete retoma parte do trecho acima e de outros dois:

[...] A primeira modificou os conceitos sobre espaço e tempo, com conseqüências principalmente para objetos que se deslocam a velocidades próximas à da luz no vácuo (300 mil km/s) [...] (BONAGAMBA, CAPELLE e AZEVEDO, 2005, p. 42).

Quando estamos lidando com uma amostra macroscópica, há nela cerca de 10^{23} núcleos. Nesse caso, o que determina a população (quantidade) deles [...] (BONAGAMBA, CAPELLE e AZEVEDO, 2005, p. 44).

Na resposta a seguir identifiquei uma mescla de repetição empírica e repetição formal:

“Eu contaria que a ressonância magnética é muito importante, pois ela se emprega em várias matérias. E que o magnetismo produzido pelo spin é responsável pelas propriedades magnéticas do ferro e de outros ímãs.”
Dagoberto (Turma X).

Repetição formal porque na primeira frase Dagoberto procura parafrasear o trecho do texto que afirma a importância da RMN para diversas áreas. Repetição empírica porque sua segunda frase é uma cópia do seguinte trecho do texto:

Apesar da complexidade teórica que envolve o spin, essa propriedade pode ser facilmente observada em nosso dia-dia: o magnetismo produzido pelo spin é o responsável pelas propriedades magnéticas do ferro e de outros ímãs simples. (BONAGAMBA, CAPELLE e AZEVEDO, 2005, p. 42).

Já a resposta a seguir, pode, a princípio, ser classificada como uma mescla de repetições empírica e histórica:

“É um instrumento usado na física, química, medicina, biologia, agricultura, é que recentemente é chamada informação quântica. Serve para diagnosticar câncer, lesões etc.” Mario (Turma Y).

Repetição empírica porque sua primeira frase é uma cópia daquele mesmo trecho que muitos alunos copiaram – o primeiro parágrafo do texto. Já a segunda frase não tem relação direta com o texto, uma vez que nele não são mencionadas as palavras “câncer” e “lesões”. Lembrando também que até o momento eu não havia feito qualquer tipo de discussão do assunto com as turmas. Assim, poderia, a princípio, concluir que Mario já possuía essa informação e que a relacionou com o que havia acabado de ler. Contudo, na primeira questão, Mario disse que nunca havia ouvido falar em ressonância magnética. Logo, acredito que Mario deve ter obtido essa informação com algum colega ou na *internet* (pelo celular) no momento em que respondia ao questionário.

A observação de muitas respostas classificadas como repetições empíricas e de diversas respostas classificadas como repetições formais – e, nesse caso, como repetições formais um tanto quanto sucintas e/ou superficiais -, pode também corroborar com os resultados da segunda questão - que evidenciaram que os estudantes tiveram muitas dificuldades na leitura do texto -, com a hipótese de que foram poucos os estudantes que de fato leram todo o texto e também com a consideração de que o mecanismo de antecipação e as relações de força se fizeram fortemente presentes nas respostas dos estudantes – mesmo se tratando de questões abertas -, afinal, ao copiar ou modificar um trecho do texto, o estudante pode estar buscando certa garantia de correção e de agrado ao professor. Destaco, todavia, que mesmo a utilização de repetições empíricas já pode pressupor certa seleção, ou seja, muitas vezes são copiados trechos que não foram aleatoriamente escolhidos.

Finalizando esta seção, faço agora algumas colocações tendo em vista o que observei durante as duas aulas em que os alunos leram o texto e responderam ao primeiro questionário.

Pude notar que, inicialmente, muitos alunos liam o texto compenetrados, havendo relativo silêncio nas salas de aula. Com o passar do tempo, notei que foram surgindo conversas alheias ao assunto e perda de atenção, o que pode indicar desinteresse dos

estudantes pela leitura do texto em consequência, possivelmente, das enormes dificuldades que estavam encontrando.

Alguns alunos me questionaram sobre dúvidas de vocabulário (“congêneres”, por exemplo), pediram que eu lesse o texto em voz alta (pedido que não atendi), que eu explicasse alguns pontos do texto e até mesmo se eles podiam escrever determinadas coisas nas respostas (“Professor, posso escrever isso?”), o que novamente indica a presença de um forte imaginário escolar onde sempre há o certo e o errado, mesmo nos casos em que se trata de perguntas de caráter pessoal – como havia sido frisado.

Muitos alunos manifestaram em voz alta dificuldades/descontentamentos sobre o texto: “Professor, não tô entendendo nada!”, “Nossa! Esse texto dá sono”, “Que texto longo professor!” A extensão do texto e seu nível de complexidade conceitual e linguística, ao que tudo indica, atuaram como fatores de desinteresse pela leitura. Aliado a isso, na escola costumam-se adotar práticas mnemônicas, dando aos estudantes o produto, o resumo, o que pode levá-los a certo comodismo, preguiça. Consequentemente, creio que, de fato, pouquíssimos alunos leram o texto por completo.

Por outro lado, pude observar também comportamentos que podem ser considerados positivos: notei, por exemplo, que, por um momento, alguns alunos conversavam sobre física e sobre a vida de Einstein. Outros me perguntaram se a RMN era igual aos raios X ou ao ultrassom. Questões que durante todas as outras aulas do ano nunca haviam surgido foram espontaneamente manifestadas: “o que é a teoria das cordas”, “o que é a ‘molécula de deus’”. Assim, embora as análises pareçam indicar que, em geral, os alunos produziram sentidos de maneira superficial sobre os tópicos abordados no texto, as condições de produção imediatas das atividades (leitura de um texto de divulgação científica, questões abertas, etc.) parecem ter desencadeado conversas e questionamentos acerca de diferentes tópicos da física – em geral aqueles mais divulgados pela mídia, tais como a chamada “molécula de deus”, a vida e as teorias de Einstein, a descoberta de novos planetas, etc.

Por fim, ressalto que não respondi às dúvidas manifestadas oralmente pelos alunos durante as duas primeiras aulas (a não ser que se tratasse de assuntos alheios ao texto). No entanto, disse que eles deveriam escrevê-las na resposta à segunda questão, pois basearia nossas próximas aulas nas dificuldades levantadas por eles.

3.2. Análise das respostas dadas ao segundo questionário

Dos 79 estudantes que aceitaram colaborar com a pesquisa, 65 (82%) responderam ao segundo questionário - o qual, conforme já explicitado, foi aplicado nas quintas aulas da sequência do trabalho em cada turma, na semana seguinte à das discussões das dúvidas levantadas (e, conseqüentemente, 14 dias após a leitura do texto e a aplicação do primeiro questionário).

A primeira questão do segundo questionário remetia à terceira questão do primeiro questionário: "Pense na mesma pessoa para quem você contou o que havia lido no texto. Depois da discussão do assunto em sala de aula, você mudaria ou acrescentaria alguma coisa ao que você contaria? O quê?".

Quatorze por cento (14%) dos estudantes deixaram a resposta em branco ou deram respostas alheias à questão. Já 31% dos estudantes afirmaram que não mudariam nada, o que pode indicar que as discussões não foram significativas para eles e/ou para certo desinteresse pela atividade e em escrever sobre ela, uma vez que dizer que não mudaria coisa alguma abrevia a resposta, não sendo necessário se preocupar no que e como escrever.

Em contrapartida, mais da metade dos estudantes disseram em suas respostas que fariam mudanças, como exemplificado a seguir:

"Mudaria, pois antes eu pensava que era algo totalmente diferente." Pamela (Turma X).

"Eu mudaria a explicação do texto. pois é muito complexo, tentaria resumir mais o texto" Filomena (Turma X).

"Eu mudaria o modo de falar por que eu achei muito complicado mas agora que já mudou a dinamica fica bem mais facil." Erivan (Turma X).

"Eu mudaria a forma que contei, porque eu não sabia oque era corretamente. Agora que entendi o assunto, minha explicação seria bem melhor" Inácio (Turma X).

"Explicaria as minhas dúvidas, uma delas era, qual a diferença entre ressonância magnetica e raio-x que ficou esclarecido depois da discussão do assunto na sala." Mario (Turma Y).

Entre os que afirmaram que fariam mudanças, em cerca da metade dos casos foi possível identificar explicitamente contribuições das discussões realizadas em sala de aula. Apresento a seguir respostas desse tipo seguidas por trechos da mediação³⁸ - os quais foram transcritos a partir das gravações em áudio das aulas em cada turma:

"Sim, contaria que nas máquinas de ressonância não pode usar metal, pois a máquina puxa o metal, pois contém ímã." Magda (Turma X).

- Professor: “[...] Então... ó... quando você vai fazer um exame de ressonância... lembra... ressonância magnética envolve campo magnético... envolve um ímã... você não pode entrar na máquina... cadê a máquina... você não pode entrar na máquina com nenhum objeto de metal... por quê?... porque tem um ímã... se tem um ímã vai atrair o metal que você tiver carregando [...]”.

"Sim. Falaria que a ressonância magnética, dependendo do 'grau', é prejudicial à saúde. Que alguns dos graus são: radio, som, raio, ultraradio etc. E que o spin é uma partícula de magnetismo, como por exemplo o ímã." Roberta (Turma Z).

- Professor: “[...] Pessoal... outra coisa... por que... que... você tem que passar protetor solar... por exemplo... pra sair na rua... porque tem o Sol que tem luz ultravioleta... e... por exemplo... dentro da sua casa... você tá exposto à luz... mas você não precisa passar protetor solar... por quê?”

Aluno: “Porque a luz não é ultravioleta cara... não é...” [...] **Professor:** “[...] Isso aqui é muito importante... quanto maior for a frequência... quanto maior for a frequência... maior a energia [...]”

Aluno: “[...] Por isso o raio X pra dar câncer [...]”. **Professor:** “Exatamente! [...] Então... ó... frequência menorzinha lá... rádio... o que que é esse rádio aí... ondas de rádio... FM, AM... as emissoras de rádio estão transmitindo ondas eletromagnéticas [...] Então ó... seguindo aqui... microondas [...] são um pouquinho mais energéticas [...] chega aqui... luz visível [...] antes da luz visível tem o infra-vermelho [...] Beleza... ultravioleta [...] Seguindo aqui na linha... raio X... mais energético ainda né... maior frequência... por isso... que você não pode fazer muitos exames de raio X na sequência [...]”.

³⁸ As respostas dos estudantes estão em itálico e os trechos da mediação em negrito.

- **Professor:** “[...] Então ó... partículas... elas têm... carga elétrica, massa, energia... e outras propriedades... *spin*... é outra propriedade de partículas [...] o *spin*... ele tá relacionado... ao magnetismo das partículas tá [...]”.

"Sim; Eu acrescentaria mais coisas, falaria mais sobre a ressonância magnética, e também sobre o ultrassom, pois muitas pessoas não sabem que são os sons que fazem gerar a imagem no computador. E existem formas diferentes de energia como o rádio, na escala é o mais fraco." Edilson (Turma Y).

- **Professor:** “[...] Então... ó... o que acontece... dependendo da frequência da luz ela tem mais ou menos energia [...] temos ondas de rádio [...] de rádio mesmo... FM, AM, enfim... essas ondas de rádio... elas têm uma frequência pequena [...]”.

- **Professor:** “[...] Outra coisa... o ultrassom... como é que funciona o ultrassom [...] ultrassom... como o próprio nome diz... ultra... som... então... no ultrassom você não manda onda eletromagnética... como é no caso do raio X... e da ressonância magnética... no ultrassom você manda som... é onda sonora [...]”.

"Sim. Que a Ressonancia Magnética tem tem efeito muito mais forte que o Raio X, além de ser um modo muito mais eficiente de diagnosticar lesões, fraturas, doenças, a radiação do Raio X é mais forte, mas o RMN também possui uma quantidade radioativa consideravel, mas causa muito menos impacto, quando o exame está para ser realizado, é necessário retirar todo material metálico, pois o magnetismo presente no RMN, causa perda e danos." Serafim (Turma Y).

- **Professor:** “[...] A ressonância magnética ela usa ondas de rádio... o raio X usa essas ondas aqui... qual que é mais energética... essa ou essa?”

Alunos: “Raio X. [...]”.

- **Professor:** “[...] Agora... qual que é a grande vantagem da ressonância... primeiro [...] é menos perigosa [...] outra coisa... as imagens da ressonância magnética têm qualidade melhor [...]”.

- **Professor:** “[...] Quando você vai fazer um exame de ressonância [...] não pode entrar com cartão magnético, cartão de banco... nada disso [...] você

tá desconfigurando totalmente seu cartão magnético [...] você vai apagar todas as informações que tem lá [...]".

"Sim, falaria que a ressonância magnética é menos perigosa que o raio-x, pois o raio-x tem mais radiação do que a ressonância magnética. Contaria também que a ressonância magnética funciona com a radiação e tem menor desempenho do que o raio-x. Que spin é uma partícula." Fabiano (Turma Y).

[Resposta baseada em trechos da mediação na turma Y supracitados].

"Sim, eu falaria mais sobre a ressonância magnética, raio-x e ultrassom, que existem diferentes tipos de energia, etc. Algumas pessoas não podem fazer o exame, pois tem claustrofobia." Janio (Turma Y).

- Professor: "[...] Outro problema da ressonância... quem tem claustrofobia não consegue fazer esse exame... por quê... é um lugar bem apertado [...]".

A partir desse conjunto de respostas - que ilustram certas regularidades observadas - é possível notar que os elementos mais frisados pelos estudantes foram: questões relacionadas aos tipos de exames, seus aspectos e diferenças, e questões relacionadas ao espectro eletromagnético e à energia associada a suas diferentes faixas de radiação (assuntos que foram discutidos durante a mediação). Alguns alunos também destacaram aspectos práticos quando da realização de exames de ressonância magnética, como a necessidade de retirar eventuais objetos metálicos que se esteja em posse.

Embora seja possível identificar algumas concepções alternativas nas respostas desses estudantes – especialmente na resposta de Roberta, que afirmou que o *spin* é uma partícula e que rádio, som, raio e ultraradio são graus da ressonância magnética; e no trecho final da resposta de Fabiano, que também afirmou que o *spin* é uma partícula -, há que se destacar o fato de que muitos desses estudantes foram capazes de utilizar em suas respostas conceitos/argumentos científicos. Nesse sentido, Edilson, Serafim, Fabiano e Janio, por exemplo, parecem ter compreendido a existência de diferentes faixas de radiação eletromagnética, ou seja, a mediação parece ter contribuído para que esses estudantes produzissem sentidos a respeito de algumas noções da física.

Em termos da noção de repetição e seus níveis (ORLANDI, 2005), classifico todas as respostas do conjunto anteriormente apresentado como repetições formais da mediação, uma

vez que os aspectos nelas abordados foram discutidos com os estudantes – conforme evidenciado pelos trechos transcritos. Logo, o que eles fizeram foi trazer esses aspectos utilizando "suas palavras". Vale lembrar que houve um intervalo de uma semana entre as aulas e a aplicação do segundo questionário, o que também parece evidenciar que esses conhecimentos passaram a compor a história de vida desses estudantes - pelo menos por esse período de tempo.

Comparada à análise das respostas ao primeiro questionário, essa análise aponta para certo desenvolvimento dos estudantes em relação à produção de sentidos sobre os tópicos abordados, uma vez que no primeiro caso houve muitas respostas formuladas com repetições empíricas ou repetições formais muito sucintas e/ou superficiais. Já nas respostas ao segundo questionário houve amplo predomínio de repetições formais, destacando-se ainda o fato de que em diversas dessas repetições formais parece haver maiores níveis de profundidade e de embasamento, isto é, maior utilização por parte dos estudantes de conceitos e/ou argumentos científicos discutidos pelo texto e durante a mediação. Dessa forma, lembrando que Orlandi (1998) sugere que o papel da escola é levar os alunos da repetição empírica à repetição histórica, passando pela repetição formal, a mediação parece ter contribuído de maneira significativa nesse processo.

Como já frisado anteriormente, meu foco não foi verificar se os estudantes aprenderam “corretamente”, ou seja, se eles produziram os sentidos aceitos pelos especialistas como os corretos a respeito do que é *spin*, do que é ressonância magnética, etc. - até porque meu intuito não foi inculcar definições, mas sim, trabalhar elementos da física sob um aspecto mais cultural. Consequentemente, embora tenha identificado nas respostas alguns equívocos, friso que ao menos esses estudantes produziram sentidos sobre os tópicos abordados. Como nos mostra a Análise de Discurso (AD), não há como ter controle total e absoluto sobre os sentidos que o outro produz – e isso talvez nem seja desejável -, dessa forma, embora seja necessário haver rigor e correção ao trabalhar qualquer conteúdo na escola, isso não garante que o aluno vá produzir o sentido desejado pelos autores de um texto ou pelo professor. Além disso, os equívocos poderão ser trabalhados futuramente (na escola ou fora da escola - a partir de outras leituras, por exemplo), pois ninguém aprende tudo de uma só vez: a aprendizagem é um processo.

Paralelamente a isso, não acredito que seja (ou deva ser) tarefa da escola básica fazer com que os estudantes dominem em profundidade os assuntos trabalhados. Defendo que no Ensino Médio seja oferecida uma formação mais ampla, que dê conta de apresentar aos alunos assuntos relevantes. Aqueles que vierem a se interessar por algum assunto, que queiram se aprofundar mais, já terão uma base, uma história de estudo/leitura a auxiliá-los em estudos futuros.

A segunda e última questão do segundo questionário foi: "O que as últimas aulas sobre ressonância magnética acrescentaram ao seu conhecimento?".

Vinte por cento (20%) dos alunos que aceitaram colaborar com a pesquisa não responderam ou deram respostas alheias à questão. Em contrapartida, a maioria dos estudantes apontou contribuições provenientes do conjunto de cinco aulas. Apresento a seguir alguns exemplos:

"A ressonancia magnetica é um tipo de exame que faz c/ a tecnologia e consegue ver nosso corpo inteiro por dentro sem prejudicar a saúde." Cintia (Turma Y).

"O raio x ele é um exame que ele não pode ser feito varias vez pois faz mal a saude a ultrassom e muito mais diferente pois ele detecta a imagem pelo som." Gisele (Turma Z).

"Acrescentou que a tecnologia está cada vez mais avançada e que a saúde está sendo beneficiada com isso." Malvina (Turma X).

"Muitas coisas. O funcionamento e que pode ser feito no corpo todo ou só em alguma parte" Pamela (Turma X).

"Que existe uma grande diferença entre ressonância magnética, raio-x e ultrassom, e a definição de física quântica." Percival (Turma Z).

"Conhecimento, pois até ler os textos eu não sabia que aquelas máquinas que via em filmes e novelas, tinha esse nome e essas qualidades." Vivian (Turma Z).

"Acrescentaram muita coisa porque eu ainda não conhecia muito sobre o assunto, talvez não lembrava sobre ressonância magnética e nem fazia idéia quando ouvi essa palavra, não conhecia sobre o spin, e enfim, aderi muitos assuntos novos." Eufrásio (Turma Y).

"Agora eu sei como funciona, que com a ressonância magnética conseguimos ver melhor dentro do nosso corpo. E ela também pode ser feita várias vezes, pois a radiação é baixa." Mario (Turma Y).

"Conhecimento... pois pra mim ressonância magnetica de primeira ideia que viam a minha mente era uma doença e não um equipamento de ultima geração para diagnosticar seus pulmões, corações entre outros órgãos e dezenas de exames e que é bem usada na area de fisica, quimica, medicina e biologia." Tamara (Turma Z).

Quase todas essas respostas podem ser classificadas como repetições formais, uma vez que seus autores mencionam e/ou explicam às suas maneiras aspectos que foram discutidos pelo texto lido e, especialmente, durante a mediação. Contudo, chamo a atenção para a resposta de Tamara, que pode ser caracterizada como uma repetição histórica, uma vez que ela relaciona os assuntos abordados com o que já sabia (ainda que de forma equivocada) sobre o assunto, isto é, ela integra à sua história de leitura/estudo outros elementos, os quais, nesse caso, parecem ter contribuído para que Tamara problematizasse o conceito que tinha de ressonância magnética. Nesse sentido, por mais complicada que tenha sido a leitura do texto e a discussão dos conceitos físicos envolvidos, ao menos Tamara sabe agora que a ressonância magnética não é uma doença, mas sim, que, entre outras coisas, ela é um tipo de exame médico. Em geral, as aulas de física são pautadas quase que exclusivamente na resolução de exercícios quantitativos, cabendo aqui a provocação: o que é culturalmente mais interessante para Tamara: conhecer, ainda que superficialmente, aspectos relacionados à ressonância magnética ou dominar os processos envolvidos na resolução de um exercício de cinemática? Embora as duas alternativas tenham seu valor, a primeira parece deter maior grau de utilidade prática no mundo material, o que, conforme discutido na Introdução deste trabalho, costuma ser bastante valorizado pelos estudantes.

Outro ponto que gostaria de destacar é o fato de que alguns jovens parecem ter sido capazes de associar a ressonância magnética à tecnologia. Cintia afirmou que a ressonância magnética é “um tipo de exame que faz c/ a tecnologia”. Já Tamara disse que ela é “um equipamento de última geração”. Assim, embora a discussão das dúvidas levantadas pelos estudantes tenha tido como foco a abordagem de conceitos e noções da física, esses trechos de

respostas sugerem que também foram produzidos sentidos acerca das inter-relações entre ciência e tecnologia – não discutidas explicitamente em sala de aula.

Já a resposta de Mario, por exemplo, evidencia a utilização de um argumento científico para justificar a possibilidade de realizar vários exames de ressonância magnética, afinal, “a radiação é baixa.”.

Apesar de ter discutido apenas superficialmente os exames de raios X e de ultrassom, menções a eles também se fizeram muito presentes nas respostas dos estudantes, como na de Gisele ("O raio x ele é um exame que ele não pode ser feito varias vez pois faz mal a saude a ultrassom e muito mais diferente pois ele detecta a imagem pelo som.").

Ainda em relação às respostas apresentadas, notamos que seus autores procuraram destacar como conhecimento apreendido a partir do conjunto de aulas sobre ressonância magnética elementos que de alguma forma ajudam a explicar situações, fenômenos e experiências possíveis de ocorrerem em suas vidas. Em outras palavras: foram pouquíssimas as respostas do tipo: "eu aprendi o que é *spin*", ou: "eu passei a conhecer o comportamento das partículas". Essa constatação pode indicar certa dificuldade dos alunos em compreender alguns dos conceitos físicos que foram discutidos. No entanto, creio que muito mais do que isso, ela indica que os estudantes valorizam a aquisição de conhecimentos que de certa forma possuem alguma relevância em termos de aplicações, de utilidades práticas. Pode ser que os alunos que escreveram as respostas aqui apresentadas tenham produzido sentidos sobre o que é *spin*, sobre o comportamento das partículas, etc., mas o que suas respostas parecem evidenciar é que eles dão destaque a aspectos que explicitamente podem ser relacionados a possíveis situações de suas vidas, de situações do mundo material, em detrimento de aspectos teóricos - os quais são, evidentemente, também muito importantes. Além disso, as respostas parecem evidenciar a relevância dada pelos estudantes a elementos associados à área da saúde - como sugerido por Christidou (2006).

Corroborando com essas considerações, está o fato de que durante a mediação notei pouca participação dos estudantes em discussões mais teóricas e conceitualmente mais densas. Em contrapartida, notei maior participação em discussões que de alguma forma estivessem associadas a aspectos materiais relacionados às suas vidas, como por exemplo, as discussões sobre as energias associadas a cada faixa de radiação do espectro eletromagnético (radiofrequência, microondas, ultravioleta, etc.), sobre algumas diferenças entre técnicas que

propiciam a produção de imagens (como raios X, ultrassom e RMN) e sobre questões de natureza prática em relação à realização do exame de ressonância magnética (como não poder entrar na sala do exame com objetos metálicos, etc.). Em especial, principalmente nas turmas Y e Z, notei que alguns alunos que costumavam não participar efetivamente das aulas, o fizeram quando abordei os tópicos supracitados.

Por fim, gostaria de mencionar outros fatos ocorridos durante a aula em que o segundo questionário foi respondido (quinta aula da sequência de ensino).

Assim como ocorreu quando das respostas ao primeiro questionário, alguns alunos continuaram em busca de uma resposta certa para as questões - mesmo eu tendo ressaltado que, novamente, tratava-se de respostas pessoais. Na turma X houve muita conversa e aparente desinteresse em responder às questões. Já nas turmas Y e Z notei maiores níveis de participação por parte dos estudantes. Destaco ainda os fatos de que uma aluna da turma Y me disse que havia gostado do assunto, que ele era interessante e diferente do que costumava aprender; e de que alguns alunos, também da turma Y, pediram para que eu lhes emprestasse cópias do texto para que eles pudessem responder às questões do segundo questionário.

3.3. Análise das respostas dadas por cinco estudantes

Como maneira de complementar as análises gerais realizadas nas seções anteriores, nesta seção analiso o conjunto de respostas dadas por cinco estudantes. A escolha dos sujeitos teve como critérios: a) a necessidade de que o estudante tivesse participado das cinco aulas da sequência e respondido aos dois questionários³⁹; b) a necessidade de que o estudante tivesse respondido todas as questões de cada questionário; e c) a possibilidade (analisada a priori) de que suas respostas me permitissem tecer comentários a respeito do funcionamento da leitura e da produção de sentidos associada à sequência de ensino sobre ressonância magnética.

Início apresentando as respostas do aluno Benedito (Turma Z):

1º QUESTIONÁRIO

1) Vocês já ouviram falar em ressonância magnética? O quê? Onde?

"Não."

³⁹ 33 estudantes atenderam a essa exigência.

2) Durante a leitura anote suas dúvidas e faça uma síntese das ideias principais do texto.

"Em quais locais é usada a RMN?, A idéia principal é explicar tudo sobre a RMN, quando surgiu, alguns experimentos e etc."

3) Pense em alguém a quem você gostaria de contar o que leu. O que você contaria?

"Falaria que a RMN é uma 'técnica' usada por médicos, físicos, biólogos e etc. Mostraria alguns textos á ela."

2º QUESTIONÁRIO

1) Pense na mesma pessoa para quem você contou o que havia lido no texto. Depois da discussão do assunto em sala de aula, você mudaria ou acrescentaria alguma coisa ao que você contaria? O quê?

"Não, daria a folha que li, pois se ela ler bem ira entender melhor e talvez despertar mais curiosidade sobre o assunto."

2) O que as últimas aulas sobre ressonância magnética acrescentaram ao seu conhecimento?

"Despertou uma 'curiosidade', vontade em saber mais sobre o assunto."

Na resposta à segunda questão do primeiro questionário, Benedito evidenciou seu interesse em conhecer aplicações da ressonância magnética, o que corrobora com a ideia de que muitos jovens dão valor a aspectos desse tipo. Ainda na resposta a essa questão, ao formular uma síntese para o texto, Benedito se utiliza de uma repetição formal bastante sucinta. Já na resposta à terceira questão, novamente utilizando-se de uma sucinta repetição formal, o estudante retoma o trecho do primeiro parágrafo do texto mencionado por muitos alunos⁴⁰. Além disso, evidencia certa valoração da leitura como mediadora entre as pessoas e o conhecimento. Por fim, nas respostas ao segundo questionário, embora em nenhum momento explicita o que aprendeu com a sequência de ensino, Benedito afirmou que ela despertou sua curiosidade em saber mais sobre o assunto.

Apresento a seguir as respostas da aluna Claudia (Turma Z):

⁴⁰ "Quando se fala em ressonância magnética nuclear (RMN), possivelmente a primeira idéia que vêm à cabeça seja a do equipamento empregado para diagnóstico médico por imagem. A associação se justifica, afinal dezenas de milhões desses exames são feitos por ano no mundo. Mas a RMN é uma técnica que se estende bem além das aplicações médicas. É empregada hoje como um poderoso instrumento na física, química, medicina, biologia, agricultura e, mais recentemente, na chamada informação quântica, nova área de pesquisa cujo expoente tecnológico mais popular é o computador quântico, que promete ser impensavelmente mais veloz que seus congêneres atuais. [...]" (BONAGAMBA, CAPELLE e AZEVEDO, 2005, p. 40)

1º QUESTIONÁRIO

1) Vocês já ouviram falar em ressonância magnética? O quê? Onde?

"Já ouvi poucas vezes, alguma coisa pra recupera um osso quebrado, no hospital, na T.V."

2) Durante a leitura anote suas dúvidas e faça uma síntese das ideias principais do texto.

"Tive algumas duvidas sobre o SPIN e sobre o Q-BITS. A ideia de que a RMN não serve apenas para diagnostico médico. E hoje é muito importante também na física, química, medicina, biologia e agricultura. E mais recente mente na area de pesquisa, chamada informação quântica. Há hoje métodos de análise da matéria (espectroscopia) por RMN envolvendo uma, duas, três ou mais dimensões de frequência, mais o objetivo é praticamente o mesmo: obter informações cada vez mais específicas sobre a dinâmica e a estrutura de átomos e moléculas da amostra em estudo a partir da interação dos momentos magnéticos)".

3) Pense em alguém a quem você gostaria de contar o que leu. O que você contaria?

"Contaria para a minha mãe. Contaria que a RMN está facilitando muitas pesquisas e solucionando problemas mais rapido. E que esta muito além de exames médicos por fatus."

2º QUESTIONÁRIO

1) Pense na mesma pessoa para quem você contou o que havia lido no texto. Depois da discussão do assunto em sala de aula, você mudaria ou acrescentaria alguma coisa ao que você contaria? O quê?

"Eu acho que não acrescentaria nada noque eu disse."

2) O que as últimas aulas sobre ressonância magnética acrescentaram ao seu conhecimento?

"Que o exame de ressonância magnética é mais seguro do que fazer um Raio X porque e feito com uma frequencia bem mais fraca. de ondas magnéticas."

Claudia afirmou já ter ouvido falar em ressonância magnética, no entanto, expressa sobre a mesma uma concepção alternativa ao afirmar que se trata de algo para recuperar um osso quebrado. Na resposta à segunda questão do primeiro questionário, ao formular uma síntese, a aluna utilizou uma repetição empírica, retomando trechos do começo do texto e da

sétima página⁴¹ (lembrando que o texto possui nove páginas). Já na terceira questão, embora tenha respondido de maneira bastante geral, Claudia utilizou-se de uma repetição formal para expressar o que contaria do texto para sua mãe. Por fim, no que diz respeito às respostas ao segundo questionário, apesar de na resposta à primeira questão afirmar que não mudaria nada do que havia dito, Claudia, utilizando-se de uma repetição formal, afirmou na resposta à segunda questão que a principal contribuição das aulas foi a possibilidade de conhecer alguns aspectos associados aos exames de raios X e de ressonância magnética. Assim, embora as respostas às duas últimas questões possam parecer contraditórias, há que se lembrar que o segundo questionário foi respondido duas semanas depois do primeiro, logo, é possível que Claudia não lembrasse qual havia sido sua resposta à terceira questão do primeiro questionário – o que pode tê-la levado a dizer que não acrescentaria nada ao que contaria à sua mãe. Outra hipótese para explicar essa contradição é o fato de que ao dizer que não mudaria nada a estudante automaticamente está abreviando a resposta, não sendo necessários, portanto, maiores esclarecimentos. Ressalto também o fato de que na última questão Claudia foi capaz de justificar com conceitos/argumentos científicos a maior segurança associada ao exame de ressonância magnética quando em comparação ao exame feito por meio de raios X. Nesse sentido, ela retoma o seguinte trecho da mediação:

- **Professor:** "[...] Olhando aqui ó... lembra que eu falei... ressonância magnética usa ondas de rádio... radiofrequência... é energia baixa ou alta?"
Alunos: "Baixa." **Professor:** "Baixa né... e o raio X?" **Alunos:** "Alta."
Professor: "Então qual que é mais perigoso?... Raio X né [...]"

A seguir apresento o conjunto de respostas de Marina (Turma Z):

1º QUESTIONÁRIO

1) Vocês já ouviram falar em ressonância magnética? O quê? Onde?

"Sim na televisão".

2) Durante a leitura anote suas dúvidas e faça uma síntese das ideias principais do texto.

⁴¹ O trecho da sétima página é o seguinte: "Há hoje métodos de análise da matéria (espectroscopia) por RMN envolvendo uma, duas, três ou mais dimensões de frequência, mas o objetivo é praticamente o mesmo: obter informações cada vez mais específicas sobre a dinâmica e a estrutura de átomos e moléculas da amostra em estudo a partir da interação dos momentos magnéticos (ou spins) nucleares com a sua vizinhança. [...]" (BONAGAMBA, CAPELLE e AZEVEDO, 2005, p. 46).

"Duvidas: spins, codigo morse, algoritmo – a ideia principal do texto é que a ressonância magnetica nuclear não serve apenas para diagnosticos medicos,".

3) Pense em alguém a quem você gostaria de contar o que leu. O que você contaria?

"A ressonancia magnetica é mais conhecida pelas pessoas em tratamentos medicos, mas o que muitos não sabem é que ela está presente em outras areas como Biologia, a fisica em si ate mesmo na agricultura.".

2º QUESTIONÁRIO

1) Pense na mesma pessoa para quem você contou o que havia lido no texto. Depois da discussão do assunto em sala de aula, você mudaria ou acrescentaria alguma coisa ao que você contaria? O quê?

"Acho que não mudaria nada pois falei de varias coisas relacionadas ao magnetismo.".

2) O que as últimas aulas sobre ressonância magnética acrescentaram ao seu conhecimento?

"O raio x é um exame que não pode ser feito varias vezes ao ano pois faz mal a saude, o ultrassom é diferente pois ele detecta a imagem pelo som, O celular ainda é uma duvida se faz mal a saude, a bussola que tem um imã e sempre aponta para o norte por causa do magnetismo da Terra.".

Em relação às respostas de Marina, no primeiro questionário ela destaca o fato (abordado no texto) de que a ressonância magnética é utilizada em diversas áreas, suas respostas podendo ser caracterizadas, portanto, como repetições formais. Assim como ocorreu com Claudia, embora na resposta à primeira questão do segundo questionário afirme que não acrescentaria nada ao que contaria sobre o assunto, utilizando-se de uma repetição formal, Marina aponta na resposta à última questão diversas contribuições advindas da sequência de ensino. Contribuições essas relacionadas ao funcionamento de objetos tecnológicos – em detrimento de aspectos mais teóricos como “o que é *spin*” - que inclusive foi uma de suas dúvidas. Nesse sentido, Marina foi capaz de mencionar aspectos associados aos raios X (“faz mal a saude”), ao ultrassom (“detecta a imagem pelo som”), ao telefone celular (“ainda é uma duvida se faz mal a saude”)⁴² e à bússola (“tem um imã e sempre aponta para o norte por causa

⁴² A ressonância magnética utiliza ondas de radiofrequência assim como os telefones celulares. Por isso, ao abordar em sala de aula a controvérsia acerca de possíveis malefícios a longo prazo advindos da realização de

do magnetismo da Terra.”), em detrimento de aspectos associados à ressonância magnética, o que, por um lado, sugere maior complexidade desse tema e, por outro, aponta que a sequência de ensino proporcionou discussões mais abrangentes (lembrando que aspectos associados aos raios X, ao ultrassom, ao telefone celular e à bússola foram brevemente discutidos por estarem de alguma forma relacionados a aspectos da ressonância magnética). Apresento a seguir os trechos da mediação retomados por Marina nessa resposta:

- **Professor:** “[...] Quem aí já viu uma bússola?” **Alunos:** “Eu.” **Professor:** “Bom... já ouviram falar pelo menos né... como é que funciona a bússola?” **Aluno:** “É... com o magnetismo.” **Professor:** “Com o magnetismo... certo... mas... pra onde que a bússola aponta sempre?” **Alunos:** “Pro norte.” **Professor:** “Pro norte... tá... por quê?” **Aluno:** “Por causa do sal da água.” [...] **Aluna:** “Por causa do ímã.” **Professor:** “[...] porque... ó... o que acontece... o planeta Terra... é como se ele... fosse um ímã gigante [...] onde o sul geográfico é o norte do ímã... e o norte geográfico é o sul do ímã [...]”.
- **Professor:** “[...] Celular... onda de celular... tá mais ou menos aqui ó... junto aqui... rádio... microondas...” **Aluno:** “[...] mas se você usar muito tempo... pode dar alguma coisa?” **Professor:** “[...] Então... isso é uma discussão muito grande atualmente [...] Tanto é que... vira e mexe sai na imprensa... ah... celular é prejudicial... daí depois vem outro cara e fala que não [...]”.
- **Professor:** “[...] Então... teoricamente... pra fazer ressonância magnética você não tem um limite... ah... pode fazer cinco por ano ou dez por ano... não... quantas você precisar... por quê?... a radiação que a ressonância magnética usa é muito... pouco energética... ao contrário do raio X [...]”.
- **Professor:** “[...] Ultrassom... onde vocês acham que tá aqui na faixa de frequência?” **Aluno:** “Antes do ultra-violeta... no meio do ultra e do raio X aí ó.” **Professor:** “Então... aí que tá... o ultrassom... é diferente... por quê?... isso aqui é o espectro eletromagnético... é luz... ultra... som.” **Alunos:** “Som.” **Professor:** “Som né [...] som, diferentemente da luz ó... a luz é uma onda... eletromagnética... som... é uma onda sonora né [...]”.

muitos exames de ressonância magnética, abordei também brevemente o tema em relação ao uso frequente de telefones celulares.

Por fim, menciono ainda que na primeira questão do segundo questionário Marina parece ter se enganado ao afirmar que já havia falado sobre “coisas relacionadas ao magnetismo” na resposta à terceira questão. Esse equívoco pode ser decorrente do fato de que o segundo questionário foi respondido somente duas semanas após o primeiro.

A seguir apresento as respostas dadas por Alberto (Turma Y):

1º QUESTIONÁRIO

1) Vocês já ouviram falar em ressonância magnética? O quê? Onde?

"Sim, ouvi algo sobre ressonancia magnetica na Discovery chanel, aonde as pessoas entram em uma especie de maquina para serem diagnosticada".

2) Durante a leitura anote suas dúvidas e faça uma síntese das ideias principais do texto.

"Encontrei dificuldade de entender o princípio de onde surgiu o RMN. O texto me apresentou a ideia de que varios cientistas concedidos ja fizeram estudos sobre a ressonancia magnetica, e que hoje esta sendo usada por diversas areas porque envolve energia."

3) Pense em alguém a quem você gostaria de contar o que leu. O que você contaria?

"Por envolver energia e tecnologia contaria para um estudante de mecatronica. Contaria como a RMN é usada e que ele poderia usar isso em seu meio de trabalho".

2º QUESTIONÁRIO

1) Pense na mesma pessoa para quem você contou o que havia lido no texto. Depois da discussão do assunto em sala de aula, você mudaria ou acrescentaria alguma coisa ao que você contaria? O quê?

"Falaria sobre a frequencia de energia que a ressonancia magnetica gera, a diferença de energia que se encontra entre a RMN o ultrassom e o raio-x, e como funciona o exame feito por esses aparelhos."

2) O que as últimas aulas sobre ressonância magnética acrescentaram ao seu conhecimento?

"Aprendi como a ressonancia magnetica entra em contato com o nosso corpo, aprendi sobre a frequencia de energia, e como a ressonancia magnetica se desenvolveu ao longo dos tempos, e sobre como as particulas se comportam."

Comparando as respostas dadas por Alberto ao primeiro e ao segundo questionário, nota-se que enquanto as primeiras são bastantes gerais as outras possuem maior detalhamento. Na terceira questão do primeiro questionário, por exemplo, Alberto diz apenas que contaria como a RMN é usada, já na primeira questão do segundo questionário, ele comenta brevemente sobre as energias associadas aos diferentes tipos de técnicas utilizadas para a produção de imagens médicas. Há que se destacar também o fato de que Alberto apontou como algumas das contribuições da sequência de ensino elementos mais teóricos (diferentemente da tendência observada), como a relação frequência/energia e o comportamento de partículas. Além disso, na resposta à segunda questão do primeiro questionário, ao escrever que “vários cientistas concedidos já fizeram estudos sobre a ressonância magnética”, o estudante indica ter produzido sentidos sobre o fazer ciência, isto é, sobre o fato de que se trata de uma construção coletiva e humana. É possível notar também a importância que o jovem conferiu ao tema energia, uma vez que em quatro de suas cinco respostas ele fez menção a essa noção. Outro ponto relevante é o de que a resposta à terceira questão sugere que Alberto notou a presença da tecnologia no que diz respeito ao desenvolvimento da ressonância magnética (“Por envolver energia e tecnologia [...]”). Por fim, embora tenha dito ter ouvido falar sobre o assunto no canal de televisão “Discovery Channel”, o estudante parece não trazer para suas respostas qualquer elemento decorrente desse contato anterior - o que pode indicar que esse contato não foi tão significativo para Alberto. Além de trechos supracitados, os trechos da mediação apresentados a seguir parecem também ter auxiliado o estudante na formulação de suas duas últimas respostas:

- **Professor:** “[...] Essas são as três partículas básicas [...] O átomo é uma reunião de algumas partículas... quais delas? [...] o átomo é composto... por um núcleo... no núcleo... quais partículas a gente têm no núcleo? [...]” **Alunos:** “Elétrons.” **Professor:** “Não [...] no núcleo a gente têm prótons e nêutrons... e aqui fora... mais externo?” **Alunos:** “Elétrons. [...]”.

- **Professor:** “[...] Quando não há campo magnético... os spins das partículas estão aleatórios... em todas as direções [...] agora eu vou aplicar um campo magnético [...] os spins ou vão alinhar na direção do campo... ou o quê?” **Aluno:** “Ou vão ficar parado.” **Professor:** “Ou o contrário [...]”.

Apresento a seguir o conjunto de respostas de Silvio (Turma Z):

1º QUESTIONÁRIO

1) Vocês já ouviram falar em ressonância magnética? O quê? Onde?

"Nunca ouvi falar."

2) Durante a leitura anote suas dúvidas e faça uma síntese das ideias principais do texto.

"O que é spin? O que o pião da capa tem a ver com o tema? O que é espectroscopia? A ideia principal do texto é nos informar sobre ressonância magnética e para que serve. Conta também sobre a história da ressonância magnética e descreve algumas das principais aplicações."

3) Pense em alguém a quem você gostaria de contar o que leu. O que você contaria?

"Uma parte que achei muito interessante foi a que diz que após a Segunda Guerra Mundial com o desenvolvimento das telecomunicações surgiram mais adequados para a realização de experimentos. Os pesquisadores observaram com as duas substâncias (água e parafina) absorviam ondas de rádio, e esse tipo de onda eletromagnética os físicos preferem chamar de radiofrequência."

2º QUESTIONÁRIO

1) Pense na mesma pessoa para quem você contou o que havia lido no texto. Depois da discussão do assunto em sala de aula, você mudaria ou acrescentaria alguma coisa ao que você contaria? O quê?

"Não mudaria nada, pois eu contei simplesmente o que achei interessante e isso eu conseguir explicar certinho, só acrescentaria o spin."

2) O que as últimas aulas sobre ressonância magnética acrescentaram ao seu conhecimento?

"Eu tomei conhecimento de como vários exames são feitos, agora saberei como funciona o que pode ser meu futuro exame. Aprendi que o celular, ninguém sabe se faz mal ou bem para a saúde, aprendi também que uma bússula sempre aponta para o norte por causa do magnetismo da Terra."

Nas respostas ao primeiro questionário, Silvio utilizou-se de repetições formais na segunda questão e de mesclas de repetições formais com repetições empíricas na terceira questão⁴³. Além disso, assim como ocorreu com Cláudia e Marina, Silvio disse que após as

⁴³ Na resposta à terceira questão o seguinte excerto do texto foi parafraseado e copiado, respectivamente: "Após a Segunda Guerra Mundial, com o desenvolvimento das telecomunicações, surgiram instrumentos mais adequados

discussões em sala de aula não acrescentaria nada ao que contaria para alguém. Entretanto, na segunda questão do segundo questionário, utilizando-se de uma repetição formal, ele destacou alguns elementos que teria apreendido. Friso também o fato de que Silvio – assim como o fizeram muitos outros estudantes – ressaltou como conhecimento apreendido aspectos relacionados aos exames médicos que visam produzir imagens e a outros dois objetos tecnológicos que foram brevemente discutidos durante a mediação (o telefone celular e a bússola) - conforme a transcrição de trechos supracitados.

Pela resposta à terceira questão, é interessante notar ainda que Silvio parece dar valor ao contexto histórico que possibilitou o desenvolvimento da ressonância magnética (“[...] após a Segunda Guerra Mundial [...]”). Além disso, destacar como conhecimento apreendido a ideia de que ainda são desconhecidos os possíveis malefícios que podem vir a ser causados pelo uso do telefone celular, sugere que a sequência de ensino possa ter contribuído para que o estudante produzisse sentidos sobre a ciência enquanto campo de debates e controvérsias – consideração esta que pode também ser válida para a estudante Marina.

Por fim, considero que as análises das respostas dadas por esses cinco estudantes parecem corroborar com as análises gerais realizadas nas duas seções anteriores.

3.4. Análise das entrevistas a quatro estudantes

Nove meses após o desenvolvimento do trabalho em sala de aula, realizei entrevistas a quatro estudantes objetivando buscar mais informações e posicionamentos desses jovens acerca do trabalho desenvolvido.

Apresento a seguir a transcrição da entrevista feita junto à aluna Pamela⁴⁴ (Turma X):

Pesquisador: Bom... No ano passado... acho que você se lembra um pouco [Pamela]... eu passei pra vocês um texto... pra vocês lerem sobre ressonância magnética... e... depois eu tentei discutir algumas coisas... as dúvidas... e tal... depois daquilo você viu alguma outra coisa relacionada a esse assunto?

para a realização de experimentos do tipo proposto por Rabi e Cohen. Por volta de 1945, o físico suíço Felix Bloch (1905-1983) e o norte-americano Edward Purcell (1912-1997) observaram como duas substâncias (água e parafina) absorviam ondas de rádio – os físicos preferem se referir a esse tipo de onda eletromagnética como radiofrequência. [...]” (BONAGAMBA, CAPELLE e AZEVEDO, 2005, p. 43-44).

⁴⁴ Continuo utilizando nomes fictícios. Além disso, ao utilizar reticências estou indicando que houve certo tempo antes da fala da palavra seguinte.

Pamela: Eu lembro sim... o que a gente fez aquela vez... mas assim... é... ouvir falar eu até acho que ouvi... acho que teve... aquele problema aqui em Campinas né... no hospital aqui... mas... só isso também...

Pesquisador: Uma outra coisa... é... parece que vocês tiveram bastante dificuldade na leitura daquele texto que eu passei... O que foi mais difícil? Ou tava muito chato?

Pamela: Pra falar a verdade... eu não... lembro muita coisa não professor... só lembro que eu não consegui ler porque... tava muito... complicado... eu lembro que daí depois você até falou algumas coisa daí ficou um pouco mais legal... mas... é isso que eu lembro...

Pesquisador: E tem alguma coisa que você gosta... de ler?

Pamela: Ah... não tem assim... uma... é... uma... coisa específica... eu gosto de ler coisas mais curta... senão eu... não vai... sabe...

Na primeira resposta, Pamela disse que ouviu falar em ressonância magnética quando da morte de pessoas que haviam realizado exames desse tipo em janeiro de 2013. Assim, ao se deparar com essa notícia, Pamela lembrou que já havia estudado sobre o tema, tendo, possivelmente, recordado alguns elementos discutidos durante as atividades.

Já na segunda resposta, embora afirme que não se lembra muito bem, Pamela evidencia a complexidade do texto sugerido para leitura - motivo que teria levado a jovem a não conseguir realizá-la. Além disso, aponta para a importância da mediação do professor em atividades dessa natureza. E, nesse caso, sobretudo, para a mediação como maneira de tornar mais acessível o assunto discutido no texto.

Por fim, na terceira resposta, embora afirme não ter preferência no que diz respeito a temas para leitura, Pamela disse gostar de textos curtos, o que também indica outro fator de desinteresse pela leitura sobre ressonância magnética realizada em sala de aula, uma vez que o texto possuía nove páginas. Essa preferência por textos mais curtos pode indicar também a propagação do não incentivo anterior pela leitura e a dificuldade de Pamela em se concentrar quando da realização de leituras mais longas.

Apresento a seguir a transcrição da entrevista feita junto ao aluno Fabiano (Turma Y):

Pesquisador: Bom... vamo lá então... [Fabiano], você lembra que ano passado eu dei pra vocês lerem um texto sobre ressonância magnética... e depois

vocês... responderam algumas perguntas... e eu falei sobre o assunto e tal... é... o que eu queria saber... é se você viu mais alguma coisa sobre o assunto.

Fabiano: Sobre ressonância?... Não... não vi mais nada não professor...

Pesquisador: Alguma notícia de jornal ou sei lá...

Fabiano: Assim... às vezes a gente ouve né... que... o jogador se machucou e... daí vai ter que analisar o que que aconteceu com ele... mas... acho que é só isso...

Pesquisador: Quando eu li as respostas que vocês escreveram pras perguntas que eu tinha passado... eu percebi que vocês tiveram dificuldade na leitura... o que que foi mais difícil? Tava chato, tava legal...

Fabiano: Não professor... pelo que eu lembro acho que ninguém gostou daquele texto... era muito... grande e tinha palavras... que... que a gente... sabe... que a gente não sabia...

Pesquisador: E... você gosta de ler... mais o quê? Que tipo de coisa? Sabe? O que que você gosta de ler?

Fabiano: Pra falar a verdade... eu não gosto muito de ler não... só... a... as coisa do Facebook e tal...

Na primeira resposta, Fabiano inicialmente disse que não tinha mais ouvido falar sobre ressonância magnética. Após minha insistência, contudo, ele afirmou que costuma ouvir falar sobre o tema em notícias relacionadas ao esporte, indicando, novamente, a presença de menções à ressonância magnética em diversos meios.

Já na segunda resposta, o jovem disse que ninguém havia gostado do texto que foi sugerido para leitura, especialmente porque ele era muito longo e porque tinha palavras desconhecidas – o que parece indicar que o texto não era coerente com o que foi sugerido por Orlandi (2000, p. 45): "Colocar, portanto, desafios à sua [do leitor] compreensibilidade sem deixar de lhe propiciar as condições para que esse desafio seja assumido de forma consequente.". Nesse sentido, acredito que o texto sugerido colocou para esses estudantes demasiados desafios, levando-os ao desinteresse por sua leitura.

Por fim, na terceira resposta, Fabiano disse que não gosta muito de ler, a não ser as informações postadas em uma rede social digital. Dessa forma, sua resposta parece sugerir a importância de pesquisas acerca da relação dos jovens com os novos suportes midiáticos, pois já que o mundo digital parece atraí-los, a utilização de ferramentas desse tipo talvez possa se

constituir como uma maneira de interessá-los no que diz respeito ao conhecimento de tópicos científicos e tecnológicos.

Apresento a seguir a transcrição da entrevista feita junto à estudante Roberta (Turma Z):

Pesquisador: Bom... vamo lá [Roberta]...Você lembra que ano passado... eu... vocês leram um texto falando sobre ressonância magnética... é... você viu alguma outra coisa sobre isso?

Roberta: Ver eu não vi... pelo menos do que eu lembro... a única coisa... que acho que tem a ver... é que... minha mãe teve que fazer um raio X... porque ela bateu o pé... daí eu lembro que você tinha passado isso aí...

Pesquisador: E você falou alguma coisa pra sua mãe do que você... aprendeu?

Roberta: Ah... eu só falei pra ela que o raio X não pode fazer muito... porque... tem... muita energia né...

Pesquisador: Hum... legal... eu vi que... parece que vocês tiveram... bastante dificuldade pra ler aquele texto que eu passei aquela vez... Você lembra alguma coisa a respeito? O que que você achou... assim... difícil? Tava muito chato... alguma coisa assim?

Roberta: Eu lembro que quando eu comecei a ler eu tava... empolgada... porque o assunto interessa pra mim... que... eu quero ser enfermeira... mas se... se bem eu lembro... eu li só um pouquinho e parei... porque... não tava... entendendo... nadinha...

Pesquisador: Qual que era o... digamos assim... o... problema do texto?

Roberta: É que ele era muito difícil... então eu lembro até que... depois você tentou explicar melhor... daí deu pra entender um pouco...

Pesquisador: Sobre leitura... você gosta de ler mais sobre o quê? Tem algum assunto específico? Um livro? Alguma coisa assim?

Roberta: Ah... eu gosto de ler romance... tipo... Crepúsculo... porque eu... eu... me imagino dentro da história...

Pesquisador: Que legal! Obrigado [Roberta]! É só isso mesmo por hoje! Obrigado!

Roberta: De nada, professor.

Na primeira resposta, Roberta relacionou um acontecimento ocorrido em sua vida (na vida de sua mãe) com o que havia aprendido sobre o assunto. Lembrando que embora o foco

das atividades desenvolvidas tenha sido a discussão da ressonância magnética, os raios X também foram brevemente abordados. Interessante notar que Roberta afirmou ter comentado com sua mãe acerca dos possíveis malefícios advindos da realização constante de exames dessa natureza, tendo sido capaz, inclusive, de justificar a afirmação embasando-se em argumentos científicos: “o raio X [...] tem muita energia”. Nesse sentido, a fala de Roberta evidencia a produção efetiva de sentidos a respeito de alguns dos elementos científicos/tecnológicos discutidos e aponta para a relevância dos tópicos abordados, uma vez que eles parecem ter possibilitado que a estudante estabelecesse diálogos mais embasados com situações ocorridas em sua vida.

Na sequência, Roberta disse que inicialmente estava empolgada na leitura, especialmente porque o assunto é de seu interesse. No entanto, a jovem afirma ter desistido de ler o texto porque não estava entendendo nada, ou seja, as dificuldades que estava encontrando na leitura parecem ter levado Roberta ao desinteresse. Ainda nessa resposta, a estudante aponta para a importância da mediação do professor, afinal, ela teria propiciado o entendimento de alguns tópicos.

Por fim, quando questionada a respeito de seus hábitos de leitura, a jovem afirmou gostar de ler romances, como o *best-seller* “Crepúsculo”. Nesse sentido, Roberta parece não se importar com o número de páginas de um texto, mas sim, com o seu assunto, se ele é ou não de seu interesse e se apresenta ou não dificuldades excessivas. Portanto, no caso do texto sobre ressonância magnética, embora o assunto fosse de seu agrado e o número de páginas pareça não a importar, o desinteresse pela leitura parece ter sido gerado, de fato, pela complexidade linguística e densidade conceitual envolvida e/ou pela ausência do “enredo” presente no texto literário citado.

Apresento a seguir a transcrição da entrevista feita junto ao aluno Noé (Turma Z):

Pesquisador: Então [Noé], você lembra que ano passado... quando eu dava aula pra sua turma eu passei um texto pra vocês... daí vocês leram... e tal... que era... sobre ressonância magnética... então... o que eu quero saber de você é se você ouviu falar... desde aquela época... mais alguma coisa a respeito...

Noé: Pô professor... pra falar a verdade cara.... putz... não... lembro de nada não véio... nossa... eu vim falar com você aqui... mais porque... eu não tava aguentando ficar lá dentro... nossa... muito chata a aula dele... nossa... eu não

suporto física véio... nossa... ano passado então... eu não lembro nada cara... nada... nada... nada...

Pesquisador: Hum... então você veio aqui... aqui... só pra... passear então?

Noé: Ah... professor... a gente já tá no... terceiro ano né cara... putz... aí... chega de estudar né... encheu o saco já...

Pesquisador: E... você lembra do texto que... que eu passei?

Noé: Ah... Não lembro mais nada não professor... é... isso aí mesmo...

Pesquisador: Pra terminar... você... tem alguma coisa assim... que você gosta mais de ler?

Noé: Tá louco professor!... O que é isso véio!... Ler não é pra mim não... eu quero é... terminar aqui... o terceiro ano e... vazar dessa escola... nossa... não aguento mais estudar...

Pesquisador: Mas e... mas então é isso mesmo [Noé]. Valeu! Obrigado! E... volta lá pra sala hein...

Embora participar da entrevista não tenha sido o objetivo de Noé ao sair da sala de aula, ele evidencia em suas respostas o que parece costumar ser o ambiente escolar para muitos estudantes: um ambiente chato, monótono e desinteressante, onde costumam ser abordados assuntos com pouca ou sem qualquer relação com aspectos do mundo material. Além disso, Noé destaca também seu repúdio pela física: “não suporto”.

O estudante disse não lembrar nada em relação às atividades sobre ressonância magnética, destacando também seu repúdio pelo estudo e por qualquer atividade de leitura.

Casos como o de Noé, mais do que indicar a rebeldia de alguns estudantes e a pluralidade das intenções dos sujeitos que frequentam a escola, sugerem a necessidade de repensar a organização dessa instituição, passando também pela reflexão dos conteúdos/formas de ensino.

Em síntese, as análises dessas quatro entrevistas parecem indicar: que menções à ressonância magnética são recorrentes na atual conjuntura sócio-cultural; que embora o assunto do texto trabalhado em sala de aula fosse do interesse de boa parte dos estudantes, sua extensão, complexidade linguística e densidade conceitual atuaram como elementos que culminaram no desinteresse pela leitura; e que muitos estudantes não têm o hábito de ler livros, revistas, enfim, textos mais longos, preferindo, ao invés disso, a leitura de notícias, mensagens, enfim, textos mais curtos.

Considerações Finais

Nesta seção, procuro comentar os resultados mais relevantes desta pesquisa, tomando-os como elementos que permitam apontar perspectivas. Nesse sentido, teço comentários acerca da leitura em aulas de física – especialmente a leitura de textos de divulgação científica (DC) –, das requisições feitas aos estudantes através dos questionários e da proposta em explicitar as relações entre os conteúdos da física e os objetos tecnológicos contemporâneos – especialmente o aparelho de ressonância magnética (RMN) em sua aplicação na área médica.

Um primeiro ponto que as análises realizadas parecem evidenciar é o de que a utilização de textos de DC e a formulação de questionários com questões abertas podem favorecer o surgimento de discussões não restritas aos assuntos abordados, bem como propiciar a manifestação de opiniões, sentimentos, reflexões, isto é, respostas em que os alunos não dizem apenas o que acreditam ser o esperado pelo professor, não se prendendo à imagem deste 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 RMN de alguma forma minimizaram os efeitos do mecanismo de antecipação e das relações de força. Entretanto, como nos lembra Silva (1997), as ações guardam uma memória - o que provavelmente explica porque alguns dos estudantes que colaboraram com a pesquisa apresentaram forte preocupação em buscar uma resposta certa para as questões.

Outro ponto a destacar é o fato de que, em geral, os alunos tiveram muitas dificuldades na leitura do texto, apresentando pouca concentração, desinteresse e certa recusa pela leitura e por escrever sobre ela. Elementos como a linguagem complexa, a grande extensão e a densidade conceitual do texto parecem ter contribuído fortemente para esse quadro – de fato, a análise do texto na seção 2.8 procurou evidenciar isso. Panorama similar foi obtido por Silva e Kawamura (2001), que apontam certo preconceito dos alunos em relação à prática da leitura na escola. Acredito que esses resultados, mais do que sugerirem a inviabilidade do uso de textos de DC em sala de aula, apontam para a necessidade de selecionar textos mais simples⁴⁵ - o que nem sempre é possível devido a certa carência de materiais desse gênero (como foi o caso de textos sobre RMN) e à dificuldade inerente à abstração exigida por alguns temas. Eles

⁴⁵ Na quarta seção do primeiro capítulo procurei produzir um texto sobre ressonância magnética que atendessem a esse aspecto.

apontam também para a importância da mediação do professor e para a urgência em se trabalhar a leitura de temas relacionados à ciência na escola, visando cativar os jovens pela cultura científica, favorecendo a produção do hábito de ler e auxiliando no aperfeiçoamento de suas capacidades de leitura. Nesse sentido, creio que a leitura sobre ciência na escola possa ser pensada, sobretudo, como uma estratégia de ensino alternativa às aulas de física em que predomina o formalismo matemático e não como uma maneira de facilitar – por evitar esse formalismo - o entendimento dos assuntos abordados. Isso porque tanto a linguagem tida como “comum” quanto a linguagem matemática podem ser alvo de dificuldades, sendo interessante, portanto, trabalhá-las também no ensino de física.

Ainda em relação à seleção de textos de DC, há que se lembrar que se trata de um gênero textual bastante heterogêneo, tanto em termos de acessibilidade linguística quanto em termos de rigor conceitual – parecendo difícil alcançar concomitantemente em um único texto bom nível nesses dois aspectos. Dessa forma, parece ainda mais evidente a importância do professor enquanto mediador quando da realização de leituras em sala de aula, pois, por um lado, pode ser necessário tratar os assuntos discutidos no texto com uma linguagem mais acessível aos estudantes (como ocorreu predominantemente nesta pesquisa), e, por outro, pode ser necessário desconstruir possíveis equívocos conceituais. Além disso, parece ser importante aceitar a ideia de que ler não é decodificar um texto, tampouco apreender seus sentidos, mas sim produzi-los dentro de determinadas condições de produção.

Neste trabalho, a leitura de DC sobre RMN sugerida aos alunos não atuou como elemento incentivador da prática da leitura – como sugerem muitos trabalhos sobre a utilização de textos de DC no ensino -, uma vez que sua complexidade linguística e densidade conceitual foram apontadas pelos estudantes como fatores de desinteresse pela atividade. Dessa forma, embora aparentemente boa parte dos jovens tivessem interesse em compreender a RMN – como sugerido pelas sondagens realizadas -, a maneira como o tema foi explorado inicialmente não lhes agradou, especialmente devido à dificuldade com a linguagem e à extensão da leitura sugerida.

Parece ser necessário considerar também o fato de que há inúmeras maneiras de se trabalhar com leituras em sala de aula e não somente aquela que foi adotada para o desenvolvimento deste trabalho. Nesse sentido, outra possibilidade seria ler junto com os alunos, parágrafo por parágrafo, mediando a relação entre texto e aluno já no ato da leitura. É

bem verdade, contudo, que uma abordagem como essa provavelmente requereria maior disponibilidade de tempo, o que nem sempre é possível, especialmente, devido às exigências normativas e curriculares. Ainda nesse sentido, é necessário frisar o fato de que nesta pesquisa o trabalho empírico foi desenvolvido durante cinco aulas apenas. Consequentemente, a discussão dos muitos conceitos físicos que permitem compreender o funcionamento da RMN foi realizada de maneira sucinta. Acredito, portanto, que o desenvolvimento de um trabalho mais longo, num maior número de aulas, poderia propiciar aos estudantes um contato mais sistemático e possivelmente a apreensão de mais conhecimentos associados à física e ao funcionamento da RMN.

Ao analisar as respostas dadas à primeira questão do primeiro questionário foi possível verificar que a maioria dos alunos disse que já havia ouvido falar em ressonância magnética. Entretanto, pouquíssimos souberam comentar algo a respeito do que haviam ouvido falar. Interessante notar ainda, que esse contato com o termo “ressonância magnética” ocorreu de diversas maneiras: em seriados, em novelas, em conversas familiares, etc. Assim, a RMN aparece como um dos temas cuja discussão em sala de aula parece ser interessante ao assumirmos que é função da escola preparar os jovens para que dialoguem com as informações veiculadas pelas diferentes instâncias sócio-culturais.

Analisando as respostas dadas à segunda e à terceira questões do primeiro questionário, notei predominância de repetições empíricas e de repetições formais bastante sucintas e/ou superficiais. De certa forma, esse resultado já era previsto, uma vez que pude constatar que esses estudantes, em geral, pouco souberam comentar sobre a RMN e tiveram muitas dificuldades na leitura do texto. Além disso, esse resultado sugere a influência do mecanismo de antecipação e das relações de força e certa falta de interesse desses jovens na realização da atividade.

Já nas respostas ao segundo questionário, respondido uma semana após minha mediação enquanto professor, houve ampla predominância de repetições formais e, em geral, repetições formais com maiores níveis de profundidade e embasamento. Vale frisar também que a mediação parece ter sido a condição de produção imediata predominante nessas respostas, afinal, muitos trechos da mediação foram nelas materializados. Como um dos papéis da escola, conforme sugerido por Orlandi (1998), é o de levar os alunos da repetição empírica à repetição histórica, passando pela repetição formal, acredito que a mediação tenha

contribuído para a observação desse salto qualitativo em relação à efetividade da produção de sentidos por parte dos estudantes, o que novamente aponta para a importância fundamental do professor enquanto mediador entre aluno e texto - enquanto esclarecedor das dúvidas dos estudantes. Aliás, pedir para que as dúvidas acerca do texto sejam escritas, além de contribuir para o encaminhamento do processo de mediação, pode contribuir para a formação dos estudantes enquanto leitores, afinal, conforme Silva e Almeida (2005, p. 20), "Questionar um texto é, antes de tudo, trabalhar a sua incompletude, característica de todo texto, competência fundamental a ser desenvolvida na formação do leitor." Lembrando sempre, contudo, que a explicação do professor faz sentido para seu interlocutor virtual e não necessariamente para seu interlocutor real (o aluno).

Além dos elementos já comentados, acredito que o fato de ter observado pouquíssimas repetições históricas está relacionado ao imaginário do que é ser um aluno, do que se espera dele. No caso da leitura, por exemplo, os alunos costumam destacar do texto aquilo que imaginam que será cobrado em avaliações futuras (SILVA e ALMEIDA, 2005). Segundo Silva (1997, p. 118), a vinculação entre texto e resposta é óbvia e implícita para os alunos: "Para eles, parece estar estabelecido que, quando uma questão é colocada por escrito junto com um texto, a resposta deve estar no próprio texto, ou deve ser produzida a partir dele." Além disso, em minhas experiências como estagiário e como professor, notei que os alunos estão acostumados a receber "tudo pronto", a fazer exercícios de forma mecânica, a simplesmente copiar coisas da lousa ou do livro, o que possivelmente os leva a não querer desenvolver atividades que dão mais trabalho ou que necessitam de maior nível de reflexão. Quadro que creio ser necessário reverter. E, para isso, um caminho possível seria adotar outra postura em relação às atividades e requisições feitas aos alunos.

Defendo as aulas de física como o momento em que os estudantes podem entrar em contato com temas científicos e tecnológicos relevantes - como a RMN - de forma relativamente rigorosa, afinal, determinados tipos de informação e de conhecimento só são apresentados na escola porque dificilmente os alunos vão buscá-los por conta própria, por exemplo, através de pesquisas na *internet*. Além disso, a escola possui a peculiaridade de que nela, há um sujeito que pode desempenhar o papel de mediador: o professor. Nesse sentido, pensando em termos curriculares, creio que o conteúdo de física que costuma ser trabalhado no Ensino Médio (EM) é muito extenso, sendo necessário abordar menos tópicos, mas de

forma mais contextualizada⁴⁶, desencadeando mais reflexões, mais discussões. Mesmo que surjam alguns equívocos, eles poderão ser eventualmente trabalhados em outras ocasiões. Talvez o mais importante seja contribuir para que os estudantes tenham uma cultura científica, trabalhando elementos que possam auxiliá-los em contatos futuros com tópicos dessa natureza, afinal, mesmo os muitos alunos que só verão a física no EM acabam se deparando em suas vidas com situações em que elementos de natureza científica e tecnológica se fazem presentes. Assim, alguém que irá realizar um exame de ressonância magnética poderia se questionar: correrei algum risco? Qual ou quais? Por que não poderei estar em posse de materiais metálicos? Não seria melhor fazer um exame de raios X? Os riscos não seriam menores? O esclarecimento de questões como essas certamente são de relevância para a formação do cidadão, logo, abordar elementos associados à RMN no EM pode contribuir nesse sentido.

As análises aqui apresentadas indicam que, em geral, os alunos produziram sentidos - mesmo que de forma um tanto quanto superficial - sobre os tópicos abordados no texto e discutidos em aula. Assim, creio que as atividades realizadas contribuíram para que boa parte dos estudantes incrementasse suas histórias de leitura/estudo sobre o assunto. Notei interesse por parte dos alunos, sobretudo, em discussões que de alguma forma se relacionassem a aspectos materiais de suas vidas. Ao mesmo tempo, notei pouca participação quando da discussão de aspectos "estritamente" teóricos. Além disso, nas respostas acerca do que as aulas sobre RMN tinham acrescentado ao conhecimento deles, fica evidente a escolha dos jovens por destacar elementos que de alguma forma dizem respeito a aplicações e a utilidades práticas - especialmente aqueles relacionados à área da saúde. Surge então uma questão: é possível pensar o ensino de física a partir da discussão de elementos associados objetos tecnológicos? Particularmente, acredito que sim. Considero, contudo, que o importante é explicitar possíveis relações das teorias da física com aspectos do mundo material, independentemente se essa explicitação é feita no início de determinada sequência de ensino ou após a discussão da teoria. Nesse sentido, creio que explicitar a utilidade, a materialização do pensamento científico-tecnológico traduzida em objetos com os quais lidamos no mundo material, pode auxiliar os estudantes a criarem sentidos para a aprendizagem de tópicos da física.

Além de possivelmente aumentar o nível de participação e de favorecer a apresentação da física num viés mais cultural, explicitar as relações entre a física e os objetos tecnológicos

⁴⁶ Isto é, relacionando os conteúdos a aspectos tecnológicos, históricos, filosóficos, artísticos, etc.

contemporâneos pode ampliar as possibilidades de dizer dos estudantes, afinal, propicia o resgate de uma maior parcela da memória discursiva – uma vez que elementos associados à ciência se fazem presentes em suas vidas especialmente por meio da tecnologia.

Mais especificamente em relação a trabalhar a RMN no EM, a partir do trabalho desenvolvido em sala de aula e das análises aqui realizadas, mais do que tachar essa proposta como interessante, aponto para a necessidade de se atentar para a sofisticação do tema, para as condições de produção das atividades e para os muitos conceitos físicos envolvidos. Dessa forma, creio que uma abordagem interessante seria trabalhar esses conceitos de maneira concomitante com alguns dos aspectos do funcionamento da RMN, evidenciando, assim, as inter-relações entre ciência e tecnologia (desmitificando a tecnologia como simples aplicação da ciência) e contextualizando culturalmente os conteúdos da física.

Por fim, aponto também para a necessidade de mais investigações empíricas acerca de atividades que buscam relacionar a física a objetos tecnológicos contemporâneos. Nesse sentido, concordo com Poduska e Lunetta (1984), os quais consideram que a ênfase em aplicações requer a busca por maneiras mais efetivas de apresentar tópicos complexos de forma acessível e não significa, necessariamente, que serão trabalhados menos conceitos de física, mas sim, que eles serão apresentados em um contexto mais plausível aos estudantes.

Referências Bibliográficas

ABDUL-RAZZAK, W.; BUSHEY, R.; WINN, G. Leakage of microwave ovens. **Physics Education**, v. 46, n. 4, p. 417-420, 2011. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/46/4/007>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

ALMEIDA, M. J. P. M. Entrevista e representação na memória do ensino de Ciências: uma relação com a concepção de linguagem. In: Nardi, R. (Org.). **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil**: alguns recortes. 1ª ed. São Paulo: Escrituras, p. 117-130, 2007.

ALMEIDA, M. J. P. M. O texto de divulgação científica como recurso didático na mediação do discurso escolar relativo à ciência. In: Pinto, G. A. (Org.). **Divulgação científica e práticas educativas**. Curitiba, PR: CRV, p. 11-24, 2010.

ALMEIDA, M. J. P. M.; MOZENA, E. R. Luz e outras formas de radiação eletromagnética: leituras na 8ª Série do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p. 426-433, 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_426.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

ALMEIDA, M. J. P. M.; RICON, A. E. Divulgação científica e texto literário - Uma perspectiva cultural em aulas de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 10, n. 1, p. 7-13, 1993. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9791/15138>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

AMANTES, A.; BORGES, O. Identificando fatores que influenciam a aprendizagem a partir da análise do contexto de ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 276-296, 2011. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n2p273/19078>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

ANDREWS, C.; SIMMONS, A.; WILLIAMS, S. Magnetic resonance imaging and spectroscopy. **Physics Education**, v. 31, n. 2, p. 80-85, 1996. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/31/2/015?fromSearchPage=true>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

ANDREWS, D. G. H. An experiment to demonstrate the principles and processes involved in medical Doppler ultrasound. **Physics Education**, v. 35, n. 5, p. 350-353, 2000. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/35/5/307>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BABICHAK, C. C. Laser. **Ciência & Ensino**, n. 5, p. 24-27, 1998. Disponível em: <<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/47/48>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BAGNATO, V. S. Os fundamentos da luz laser. **A Física na Escola**, v. 2, n. 2, p. 4-9. 2001. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num2/a02.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BALL, J. E. Liquid crystals. **Physics Education**, v. 15, n. 2, p. 108-109, 1980. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/15/2/010>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BARAM-TSABARI, A.; YARDEN, A. Characterizing children's spontaneous interests in science and technology. **International Journal of Science Education**, v. 27, n. 7, p. 803-826, 2005. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09500690500038389>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BARKER, M. C. J. Medical imaging. **Physics Education**, v. 31, n. 2, p. 70-75, 1996. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/31/2/013?fromSearchPage=true>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BELLINI, M.; FRASSON, P. C. Ciências e seu ensino: o que dizem os cientistas e os livros didáticos sobre o HIV/AIDS? **Ciência & Educação**, v. 12, n. 3, p. 261-274, 2006. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/viewarticle.php?id=218&layout=abstract>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BERG-BECKHOFF, G. *et al.* Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 2 of a cross-sectional study with measured radio frequency electromagnetic fields. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 66, p. 124-130, 2009. Disponível em: <<http://oem.bmj.com/content/66/2/124.abstract>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BERTOLLI FILHO, C. A divulgação científica na mídia impressa: as ciências biológicas em foco. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, p. 351-368, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v13n3/a06v13n3.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BILANIUK, L. T.; BILANIUK, O. M. NMR imaging in medicine. **Physics Education**, v. 19, n. 5, p. 247-252, 1984. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/19/5/005?fromSearchPage=true>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BLOOMFIELD, L. A. Medical Imaging and Radiation. *In*: Bloomfield, L. A. **How things work**: the physics of everyday life. New York, N.Y.: J. Wiley, p. 665-675, 1997.

BONAGAMBA, T. J.; CAPELLE, K. W.; AZEVEDO, E. R. A RMN e suas aplicações atuais. **Ciência Hoje**, v. 37, n. 221, p. 40-48, 2005. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2005/221/a-rmn-e-suas-aplicacoes-atuais>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BRADSHAW, M. J. Liquid crystal devices. **Physics Education**, v. 18, n. 1, p. 20-26, 1983. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/18/1/309>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

BRYANT, T. H. E. New techniques in diagnostic radiology. **Physics Education**, v. 13, n. 2, p. 88-91, 1978. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/13/2/004>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

CALEGARO, J. U. M. Baixos níveis de radiação ionizante causam câncer? (Carta ao Editor). **Radiologia Brasileira**, v. 40, n. 4, p. IX-X, 2007. Disponível em: <http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1171&idioma=Portugues>. Acesso em: 28 ago. 2013.

CAMMARATA, F.; WAUTELET, M. Medical lasers and laser-tissue interactions. **Physics Education**, v. 34, n. 3, p. 256-261, 1999. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/34/3/313>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P.; SILVA, D. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-15, 2002. Disponível em:

<<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/23/54>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

CATELLI, F.; VILLAS-BOAS, V. Exploração de alguns conceitos do eletromagnetismo no movimento do braço de um disco rígido. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 476-489, 2011. Disponível em:

<<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n2p476/19036>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; LEITE, V. F. Princípios básicos de imagens ultrassônicas e a determinação da velocidade do som no ar através do eco. **A Física na Escola**, v. 12, n. 2, p. 6-11, 2011. Disponível em:

<<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num2/a03.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; LEITE, V. F. Princípios básicos de imagens ultrassônicas e a determinação da velocidade do som no ar através do eco. **A Física na Escola**, v. 13, n. 1, p. 19-23, 2012. Disponível em:

<<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol13/Num1/a07.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

CHRISTIDOU, V. Greek Students' Science-related Interests and Experiences: Gender differences and correlations. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 10, p. 1181-1199, 2006. Disponível em:

<<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09500690500439389#tabModule>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

COLNAGO, L. A.; ALMEIDA, F. C. L.; VALENTE, A. P. Espectrometria de massa e RMN multidimensional e multinuclear: revolução no estudo de macromoléculas biológicas.

Química Nova na Escola, n. 16, p. 9-14, 2002. Disponível em:

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A04.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

COSTA, I. F. Pense e responda! Qual o comprimento e a profundidade de bits em CD, DVD e BD? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 3, p. 333-337, 2007. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6239/13484>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

COVOLAN, R. *et al.* Ressonância Magnética Funcional: as funções do cérebro reveladas por spins nucleares. **Ciência e Cultura**, v. 56, n. 1, p. 40-42, 2004. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v56n1/a26v56n1.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

CRAWFORD, G. P.; ONDRIS-CRAWFORD, R. J. Liquid crystal displays: molecules at work. **Physics Education**, v. 29, n. 5, p. 307-312, 1994. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/29/5/008> >. Acesso em: 28 ago. 2013.

CUPANI, A. A tecnologia como problema filosófico: três enfoques. **Scientiae Studia**, v. 2, n. 4, p. 493-518, 2004. Disponível em: <<http://www.ifcs.ufrj.br/~cehc/Artigos/alberto%20cupani/atecnologiacomoproblemafilosofico.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

CUPPARI, A. *et al.* Gradual introduction of some aspects of quantum mechanics in a high school curriculum. **Physics Education**, v. 32, n. 5, p. 302-308, 1997. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/32/5/012?fromSearchPage=true>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

DAMASIO, F.; CALLONI, G. Plasma: dos antigos gregos à televisão que você quer ver. **A Física na Escola**, v. 9, n. 1, p. 15-19, 2008. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6239/13484>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

DAYRELL, J. A escola como espaço sócio-cultural. *In*: Dayrell, J. (org.) **Múltiplos olhares sobre educação e cultura**. Belo Horizonte: UFMG, p. 136-161, 1996.

DIAS, A. C. G.; BARLETTE, V. E.; MARTINS, C. A. G. A opinião de alunos sobre as aulas de eletricidade: uma reflexão sobre fatores intervenientes na aprendizagem. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 1, p. 107-117, 2009. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID76/v4_n1_a2009.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

DIAS, M. H. C.; SIQUEIRA, G. L. Considerações sobre os efeitos à saúde humana da irradiação emitida por antenas de estações rádio-bases de sistemas celulares. **Telecomunicações**, v. 5, n. 1, p. 41-54, 2002. Disponível em:

<http://www2.inatel.br/revista/component/docman/doc_download/202-consideracoes-sobre-os-efeitos-a-saude-humana?ItemId=25>. Acesso em: 28 ago. 2013.

DIAS, R. H. A. **A física nas revistas Ciência Hoje e Pesquisa Fapesp**: leituras de licenciandos. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2009. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000449057&opt=4>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

EDWARDS, C. Physics learning through a telecommunications context. **Physics Education**, v. 35, n. 4, p. 240-244, 2000. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/35/4/303>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

ELLINGTON, H. I.; ADDINALL, E.; HATELY, M. C. The physics of television broadcasting. **Physics Education**, v. 15, p. 222-228, 1980. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/15/4/005?fromSearchPage=true>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

ERICSON, T. J. Nuclear magnetic resonance apparatus at low cost. **Physics Education**, v. 7, n. 2, p. 107-111, 1972. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/7/2/006>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Características discursivas de artigos de divulgação científica relacionados à química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p. 21-42, 2012b. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen11/REEC_11_1_2_ex543.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências: uma revisão. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 1, p. 3-31, 2012a. Disponível em: <<http://alexandria.ppgeet.ufsc.br/files/2012/05/Luciana.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

FEYCHTING, M. Health effects of static magnetic fields - a review of the epidemiological evidence. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 87, p. 241–246, 2005.

Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079610704001105>>.

Acesso em: 28 ago. 2013.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003. Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID99/v8_n2_a2003.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

FOX, R. Probing the body with Doppler ultrasound. **Physics Education**, v. 31, n. 2, p. 85-90, 1996. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/31/2/016>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

FREEMAN, K. G. The physics of colour television. **Physics Education**, v. 5, n. 6, p. 326-331, 1970. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/5/6/302>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

FRENCH, M. M. J. A mobile phone Faraday cage. **Physics Education**, v. 46, n. 3, p. 290-293, 2011. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/46/3/005>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

GAMA, L. C. **Divulgação científica**: leituras em classes de ensino médio. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2005. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000375584&opt=4>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

GARDNER, P. L. The representation of science-technology relationships in Canadian physics textbooks. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 3, p. 329-347, 1999.

Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/095006999290732>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

GERMANO, M. G.; KULESZA, W. A. Popularização da ciência: uma revisão conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 7-25, 2007. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/1546/5617>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

GIRALDELLI, C. G. C. M. **Gestos de interpretações na leitura de um texto literário de um texto de divulgação científica**: crianças em situação escolar. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000407795&opt=4>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

GOLDBACH, T.; EL-HANI, C. N. Entre receitas, programas e códigos: metáforas e idéias sobre genes na divulgação científica e no contexto escolar. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 153-189, 2008. Disponível em: <<http://alexandria.ppgeet.ufsc.br/files/2012/03/CHARBEL.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

GOMES, L. C.; FUSINATO, P. A.; NEVES, M. C. D. Análise da relação entre força e movimento em uma revista de divulgação científica. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 341-353, 2010. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeeducacao/viewarticle.php?id=819&layout=abstract>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

GOSLING, R. Medical imaging with ultrasound: some basic physics. **Physics Education**, v. 24, n. 4, p. 215-221, 1989. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/24/4/310>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

GRANGER, G. G. **A ciência e as ciências**. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista (Unesp), 1994.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/070304.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

HALL, S. A centralidade da cultura: notas sobre as revoluções culturais do nosso tempo. **Educação e Realidade**, v. 22, n. 2, p. 15-46, 1997.

HARE, J. A simple demonstration for exploring the radio waves generated by a mobile phone. **Physics Education**, v. 45, n. 5, p. 481-486, 2010. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/45/5/004>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

HEAVENS, O. S. Lasers. **Physics Education**, v. 3, n. 4, p. 169-176, 1968. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/3/4/001>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

HESSENBRUCH, A. X-rays for medical use. **Physics Education**, v. 30, n. 6, p. 347-355, 1995. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/30/6/006>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

HILL, C. R. Ultrasonic Imaging. **Physics Education**, v. 13, n. 2, p. 97-101, 1978. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/13/2/006>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

HILL, P. D. Lasers in medicine. **Physics Education**, v. 24, n. 4, p. 211-214, 1989. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/24/4/309>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

HUGHES, S. Medical ultrasound imaging. **Physics Education**, v. 36, n. 6, p. 468-475, 2001. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/36/6/304>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

KAWALEC, T. Should we bother with the speed of light in everyday life? A closer look at GSM technology. **Physics Education**, v. 47, n. 5, p. 579-583, 2012. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/47/5/579>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

KEEVIL, S. F. Magnetic resonance imaging in medicine. **Physics Education**, v. 36, n. 6, p. 476-485, 2001. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/36/6/305?fromSearchPage=true>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

KEMPER, A.; ZIMMERMANN, E.; GASTAL, M. L. Textos populares de divulgação científica como ferramenta didático-pedagógica: o caso da evolução biológica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 3, p. 25-50, 2010. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/130/117>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

LABURÚ, C. E.; SIMÕES, A. M.; URBANO, A. A. Mexendo com polaróides e mostradores de cristais líquidos (O ensino da Física contemporânea, tendo como pano de fundo a física do cotidiano). **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 192-205, 1998.

Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6900/6360>>.

Acesso em: 28 ago. 2013.

LABURÚ, C. *et al.* Visualizando ondas eletromagnéticas estacionárias (um experimento na cozinha de casa). **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 3, p. 328-335, 2000.

Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6764/6232>>.

Acesso em: 28 ago. 2013.

LANÇA, T. **Newton numa leitura de divulgação científica**: produção de sentidos no ensino médio. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2005. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000374267&opt=4>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

LIMA, M. F. C.; RAPPOPORT, T. A sala de aula, o ensino de física e as novas tecnologias: a Professora Magali F. C. Lima entrevista a Professora Tatiana Rappoport. **Ciência em Tela**, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2009. Disponível em:

<<http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0109entrevista.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

LOPES, G. **Leituras em aulas de física na Educação de Jovens e Adultos no ensino médio**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2009. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000469694&opt=4>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo, SP: EPU, 1986.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de física moderna. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, p.

90-116, 2007. Disponível em:

<http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART6_Vol6_N1.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MARCHI, F.; ALBUQUERQUE, V. N.; LEITE, C. O caso Plutão: uma análise das potencialidades do uso de textos não didáticos no ensino de astronomia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 565-581, 2012. Disponível em:

<http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen11/REEC_11_3_5_ex667.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MARCILIO, I.; HABERMANN, M.; GOUVEIA, N. Campos magnéticos de frequência extremamente baixa e efeitos na saúde: revisão da literatura. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 12, n. 2, p. 105-23, 2009. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2009000200002>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MARTINS, I.; CASSAB, M.; ROCHA, M. B. Análise do processo de re-elaboração discursiva de um texto de divulgação científica para um texto didático. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, p. 1-9, 2001. Disponível em:

<<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/186/171>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MARTINS, I.; NASCIMENTO, T. G.; ABREU, T. B. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 1, p. 95-111, 2004. Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID111/v9_n1_a2004.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MARTINS, R. A. Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 1 - física clássica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 243-264, 1998a. Disponível em:

<<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6886/6345>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MARTINS, R. A. Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 2 - física moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 265-300, 1998b. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6887/6346>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MAZIÈRE, F. **A Análise do Discurso: história e práticas**. São Paulo, SP: Parábola Editorial, 2007.

MENEZES, L. C. De corpo inteiro e viva, a física. **A Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 27-30, 2005. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/menezes.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MICHAEL, G. X-ray computed tomography. **Physics Education**, v. 36, n. 6, p. 442-451, 2001. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/36/6/301>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MICHINEL, J. L. M. **O funcionamento de textos divergentes sobre energia com alunos de Física: a leitura no ensino superior**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2001. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000223218&opt=4>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MION, R. A.; ALVES, J. A. P.; CARVALHO, W. L. P. Implicações da relação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente: subsídios para a formação de professores de Física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 2, p. 47-59, 2009. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID81/v4_n2_a2009.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

MOULDER, J. E. *et al.* Cell Phones and Cancer: What Is the Evidence for a Connection? **Radiation Research**, v. 151, p. 513-531, 1999. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/3580028>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

NASCIMENTO, C. J.; BLOCH JUNIOR, C. Ressonância Magnética Nuclear: gradus primus. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, n. 21, p. 52-61, 2001. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio21/21_10.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

NASCIMENTO, S. S.; SANTOS, R.; NIGRI, E. Alfabetização científica e tecnológica e a interação com os objetos técnicos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 53-67, 2006. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6290/5823>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

NASCIMENTO, T. G. Contribuições da análise do discurso e da epistemologia de Fleck para a compreensão da divulgação científica e sua introdução em aulas de ciências. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, p. 1-18, 2005a. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/95/143>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

NASCIMENTO, T. G. Definições de Divulgação Científica por jornalistas, cientistas e educadores em ciências. **Ciência em Tela**, v. 1, n. 2, p. 1-8, 2008. Disponível em: <<http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0208nascimento.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

NASCIMENTO, T. G. O discurso da divulgação científica no livro didático de ciências: características, adaptações e funções de um texto sobre clonagem. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 2, p. 15-28, 2005b. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/92/84>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

NASCIMENTO, T. G.; REZENDE JUNIOR, M. K. A produção sobre divulgação científica na área de educação em ciências: referenciais teóricos e principais temáticas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 97-120, 2010. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID230/v15_n1_a2010.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

NIGRO, R. G. Una evaluación preliminar de la lectura de textos de ciencias de diferentes géneros. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 2, p. 376-395, 2010.

Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART5_Vol9_N2.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

NIGRO, R. G.; TRIVELATO, S. L. F. Leitura de textos de ciências de diferentes gêneros: um olhar cognitivo-processual. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 553-573, 2010. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID249/v15_n3_a2010.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

ORLANDI, E. P. **A linguagem e seu funcionamento**: as formas do discurso. 2ª ed. rev. e aum. São Paulo, SP: Pontes, 1987.

ORLANDI, E. P. **Análise de discurso**: princípios & procedimentos. 6ª ed. Campinas, SP: Pontes, 2005.

ORLANDI, E. P. **Discurso e leitura**. 5ª ed. São Paulo, SP; Campinas, SP: Cortez: Editora da UNICAMP, 2000.

ORLANDI, E. P. **Discurso e texto**: formulação e circulação dos sentidos. Campinas, SP: Pontes, 2001.

ORLANDI, E. P. **O que é linguística**. 5ª ed. São Paulo, SP: Brasiliense, 1992.

ORLANDI, E. P. Paráfrase e Polissemia: a fluidez nos limites do simbólico. **Rua**, v. 4, p. 9-19, 1998.

ORTON, J. W. Physics in an industrial research laboratory. **Physics Education**, v. 22, n. 1, p. 79-84, 1987. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/22/2/002>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

OSTERMANN, F. Um texto para professores do ensino médio sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 415-436, 1999. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v21_415.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 3, p. 267-286, 1999. Disponível em:

<<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6795/6275>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

PARKER, K.; VOLLMER, M. Bad food and good physics: the development of domestic microwave cookery. **Physics Education**, v. 39, n. 1, p. 82-90, 2004. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/39/1/007?fromSearchPage=true>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

PEREIRA, A. G.; TERRAZAN, E. A. A multimodalidade em textos de popularização científica: contribuições para o ensino de ciências para crianças. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, p. 489-503, 2011. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/viewarticle.php?id=862&layout=abstract>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a Física Quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 1, p. 7-34, 1999. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6873/6333>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

PINTO, G. A. Literatura não-canônica de divulgação científica em aulas de ciências. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, p. 1-19, 2009. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/219/250>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

PODUSKA, E. L.; LUNETTA, V. N. The role of applied physics in American introductory physics courses. **Physics Education**, v. 19, n. 5, p. 241-246, 1984. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/19/5/004?fromSearchPage=true>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

PULLAN, B. R. Computerised axial tomography. **Physics Education**, v. 13, n. 2, p. 92-96, 1978. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/13/2/005>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p. 316-337, 2005. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/22-3/artpdf/a2.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SAVITZ, D. A. *et al.* Magnetic Field Exposure and Cardiovascular Disease Mortality among Electric Utility Workers. **American Journal of Epidemiology**, v. 149, n. 2, p. 135-142, 1999. Disponível em: <<http://aje.oxfordjournals.org/content/149/2/135.2.full.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SCHENCK, J. F. Health and Physiological Effects of Human Exposure to Whole-Body Four-Tesla Magnetic Fields during MRI. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 649, p. 285-301, 1992. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-6632.1992.tb49617.x/abstract>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Física Quântica no Ensino Médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624-652, 2011. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n3p624/20255>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SILVA, D. E. **Divulgação científica no Ensino Médio**: a equação relativística entre massa e energia. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2012. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000878087&fd=y>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SILVA, H. C. **Como, quando e o que se lê em aulas de física no Ensino Médio**: elementos para uma proposta de mudança. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 164 folhas, 1997. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000121508>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SILVA, H. C. **Discursos escolares sobre gravitação newtoniana**: textos e imagens na física do ensino médio. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2002. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000249924&opt=4>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SILVA, H. C. Leitura de um texto de divulgação científica: um exemplo em gravitação. **Ciência & Ensino**, n. 5, p. 6-11, 1998. Disponível em: <<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/42/43>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SILVA, H. C. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**, v. 1, n. 1, p. 53-59, 2006. Disponível em: <<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/39/98>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 3, p. 1-25, 2005. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART8_Vol4_N3.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SILVA, J. A.; KAWAMURA, M. R. D. A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 18, n. 3, p. 316-339, 2001. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6667/14045>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SOUZA, S. C. **Leitura e Fotossíntese**: proposta de ensino numa abordagem cultural. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2000. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000197598&opt=4>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

STARRETT, M. J. Resonance and radio. **Physics Education**, v. 43, n. 5, p. 515-518, 2008.
Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/43/5/008?fromSearchPage=true>>.
Acesso em: 28 ago. 2013.

STRACK, R.; LOGUÉRCIO, R.; PINO, J. C. D. Percepções de professores de ensino superior sobre a literatura de divulgação científica. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 425-442, 2009.
Disponível em:
<<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeeducacao/viewarticle.php?id=351&layout=abstract>>.
Acesso em: 28 ago. 2013.

STRAULINO, S.; ORLANDO, A. A simple radio receiver aids understanding of wireless communication. **Physics Education**, v. 47, n. 2, p. 211-219, 2012. Disponível em:
<<http://iopscience.iop.org/0031-9120/47/2/211?fromSearchPage=true>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SUMNER, D. X-rays - risks versus benefits. **Physics Education**, v. 30, n. 6, p. 338-342, 1995.
Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/30/6/004>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

SUN, L. T.; LAU, K. S. Sixth-form physics in Hong Kong. **Physics Education**, v. 31, n. 3, p. 163-168, 1996. Disponível em: <http://iopscience.iop.org/0031-9120/31/3/017/pdf/0031-9120_31_3_017.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.
Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7392/6785>>.
Acesso em: 28 ago. 2013.

TRÓPIA, G. Reflexões sobre o discurso na divulgação neurocientífica. **Ciência & Ensino**, v. 2, n. 2, p. 1-9, 2008. Disponível em:
<<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/177/144>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

URIAS, G. M. P.; ASSIS, A. Análise de biografias de Einstein em dois livros de divulgação científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 207-228, 2012. Disponível

em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n2p207/22912>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física moderna no segundo grau: Efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6896/7584>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

VARGAS, M. Técnica, Tecnologia e Ciência. **Revista Educação & Tecnologia**, n. 6, p. 178-183, 2003. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/revedutect/article/viewFile/1084/687>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

VASCONCELLOS-SILVA, P. R. *et al.* As novas tecnologias da informação e o consumismo em saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 26, n. 8, p. 1473-1482, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v26n8/02.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

VOLLMER, M. Physics of the microwave oven. **Physics Education**, v. 39, n. 1, p. 74-81, 2004. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/39/1/006?fromSearchPage=true>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

VOLLMER, M.; MÖLLMANN, K-P. High speed and slow motion: the technology of modern high speed cameras. **Physics Education**, v. 46, n. 2, p. 191-202, 2011. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/46/2/007>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

VOLLMER, M.; MÖLLMANN, K-P.; KARSTÄDT, D. More experiments with microwave ovens. **Physics Education**, v. 39, n. 4, p. 346-351, 2004a. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/39/4/003>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

VOLLMER, M.; MÖLLMANN, K-P.; KARSTÄDT, D. More experiments with microwave ovens. **Physics Education**, v. 39, n. 6, p. 500-508, 2004b. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/39/6/006>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 325-349,

2004. Disponível em:

<<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6423/5939>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

ZAMBONI, L. M. S. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica**: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica. Campinas: Autores Associados, 2001.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo, SP. 1989.

ZANOTELLO, M.; ALMEIDA, M. J. P. M. Produção de sentidos e possibilidades de mediação na física do ensino médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 437-446, 2007. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/061205.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

Anexos

Anexo I: Texto utilizado nas sondagens

A teoria quântica surgiu da tentativa de compreender os problemas de interação da radiação com a matéria e solucionar alguns desses problemas. Vários textos dizem que o primeiro passo no desenvolvimento dessa teoria foi um trabalho de Max Planck em 1900.

- Mas para que ela serve, qual é a sua relevância para a nossa vida?

A quântica é uma teoria fundamental para os avanços tecnológicos de nosso mundo atual e do vasto conhecimento científico que estamos adquirindo. Grandes avanços práticos e teóricos em áreas como astronomia, medicina, biologia, química e física são frutos de sua aplicação. Seus conceitos causaram uma revolução na forma como entendemos o universo, mostrando que o comportamento da matéria a nível atômico não obedece a regras bem estabelecidas de nosso mundo macroscópico. Sem a quântica não conheceríamos inúmeros objetos com os quais lidamos corriqueiramente hoje em dia. Só para se ter uma ideia podemos mencionar o nosso aparelho de CD, o controle remoto de nossas TVs, os aparelhos de ressonância magnética em hospitais, os telefones celulares, os lasers, a genética molecular e até mesmo o microcomputador. Todos os dispositivos eletrônicos usados nos equipamentos da chamada high-tech (alta-tecnologia) só puderam ser projetados porque conhecemos a mecânica quântica.

TEXTO ADAPTADO A PARTIR DE:

- CALDEIRA, A. Física Moderna: Mito e Ciência. A Física Quântica: o que é, e para que serve. **Com Ciência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**, n. 20, 2001.
- DE GROOTE, J. J. Física Moderna: Mito e Ciência. A Teoria Quântica depois de Planck. **Com Ciência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**, n. 20, 2001.
- MARTINS, R. A. Física Moderna: Mito e Ciência. A Física no final do século XIX: modelos em crise. **Com Ciência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**, n. 20, 2001.

<http://www.comciencia.br/comciencia/>



A RMN e suas ap



*Quando se fala em
ressonância magnética
nuclear (RMN),
possivelmente*

*a primeira idéia que vêm à cabeça
seja a do equipamento empregado
para diagnóstico médico por imagem.*

*A associação se justifica, afinal
dezenas de milhões desses exames
são feitos por ano no mundo.*

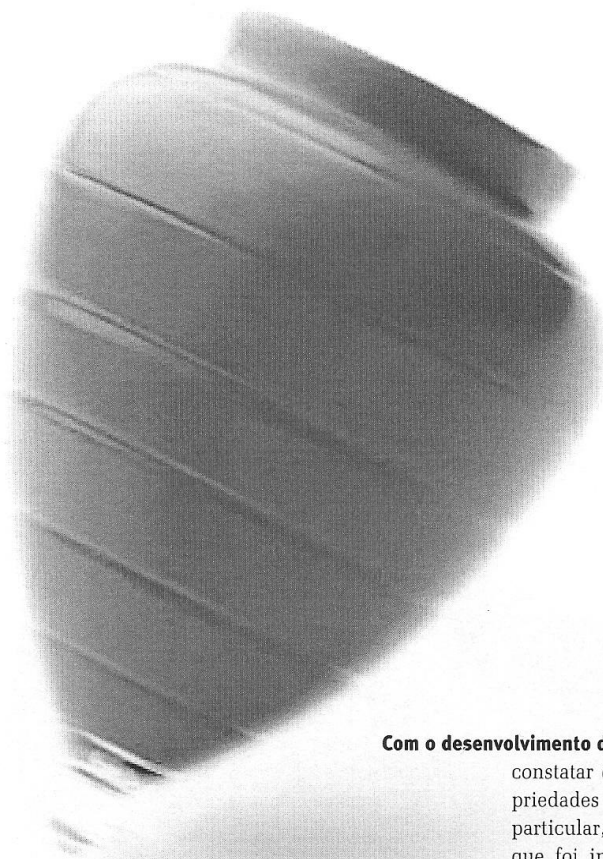
*Mas a RMN é uma técnica que se
estende bem além das aplicações
médicas. É empregada hoje como
um poderoso instrumento na física,
química, medicina, biologia,
agricultura e, mais recentemente,
na chamada informação quântica,
nova área de pesquisa cujo
expoente tecnológico mais popular
é o computador quântico,
que promete ser impensavelmente
mais veloz que seus
congêneres atuais.*

*Aqui, o leitor vai encontrar
um pouco da história da RMN
e a descrição de algumas
das principais aplicações.*



**Tito José Bonagamba,
Klaus Werner Capelle e
Eduardo Ribeiro de Azevedo**
*Instituto de Física de São Carlos,
Universidade de São Paulo*

licações atuais



Com o desenvolvimento da física no início do século passado, foi possível

constatar que a carga e a massa não eram as únicas propriedades das partículas elementares. Descobriu-se, em particular, que o elétron tem um momento magnético, que foi interpretado como consequência do movimento giratório dessa partícula em torno do próprio eixo ou, mais precisamente, do momento angular intrínseco, chamado *spin*.

O *spin* só pode ter certos valores, que, no caso do elétron, são $+1/2$ e $-1/2$. Para outras partículas, os possíveis valores do *spin* podem ser diferentes, porém sempre são limitados a múltiplos inteiros de $1/2$. Em outras palavras, o *spin* é quantizado, ou seja, seus valores variam aos 'saltos' e não de modo contínuo. Isso foi observado em um experimento conduzido pelos físicos alemães Otto Stern (1888-1969) e Walther Gerlach (1889-1979), no início da década de 1920 (ver 'Dois experimentos clássicos').

Mesmo depois da descoberta do *spin* e de sua interpretação como momento angular intrínseco, dúvidas permaneceram sobre, por exemplo, a questão da sua origem e de seus possíveis valores. Uma resposta mais satisfatória a essas perguntas só pôde ser dada após 1928, principalmente através das contribuições do físico inglês Paul Dirac (1902-1984) para a chamada mecânica quântica relativística. ▶

DOIS EXPERIMENTOS CLÁSSICOS

O experimento feito em 1922 por Stern e Gerlach tornou-se um clássico na história da física do século passado. Nele, um feixe de átomos de prata atravessa o interior de um ímã e atinge uma placa fotográfica. O ímã foi construído com um formato especial, para produzir um campo que cresce na direção vertical.

O átomo de prata tem um elétron desemparelhado na última camada e, por essa razão, seu comportamento magnético é equivalente ao de um elétron isolado submetido à força magnética. Dependendo do sinal do *spin* do elétron (+1/2 ou -1/2), ele será de-

fletido por essa força para cima ou para baixo, o que fará os átomos de prata atingirem posições diferentes na placa fotográfica (figura 1).

Stern e Gerlach observaram apenas duas zonas de impacto. Esse resultado mostrou que o *spin* do elétron apresenta apenas dois valores permitidos – ou seja, é uma grandeza quantizada –, como proposto pelo físico austríaco Wolfgang Pauli (1900-1958) e pelos holandeses Samuel Goudsmit (1902-1978) e George Uhlenbeck (1900-1988) para explicar os resultados dessa experiência.

Esse experimento foi realizado depois com feixes de elétrons, prótons e nêutrons, todos apresentando *spin* 1/2.

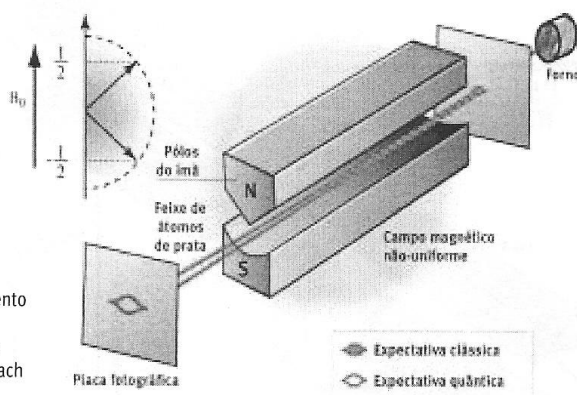


Figura 1. Esquema do experimento realizado em 1922 por Stern e Gerlach

MOMENTOS INVERTIDOS

Em 1934, Rabi e Cohen usaram dois ímãs – mostrados na figura 2 como A e B – com formatos semelhantes ao do experimento de Stern e Gerlach, porém invertidos entre si. Entre esses dois ímãs, encontrava-se um terceiro (C), cujo campo é vertical e uniforme. No interior do ímã C, foi colocada uma bobina alimentada por um gerador de radiofrequência.

É interessante observar que, para ser completa, a descrição matemática de uma propriedade que aparentemente é tão simples – o giro de um objeto pequeno em torno de si mesmo – precisou esperar o casamento das duas grandes revoluções conceituais do início do século passado: a teoria da relatividade restrita, publicada em 1905 pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955), e a mecânica quântica, cujo desenvolvimento se deu principalmente na década de 1920. A primeira modificou os conceitos sobre espaço e tempo, com consequências principalmente para objetos que se deslocam a velocidades próximas à da luz no vácuo (300 mil km/s); e a outra descreveu os fenômenos observados no microuniverso dos átomos e das moléculas.

Apesar da complexidade teórica que envolve o *spin*, essa propriedade pode ser facilmente observada em nosso dia-dia: o magnetismo produzido pelo *spin* é o responsável pelas propriedades magnéticas do ferro e de outros ímãs simples.

Estruturas finas e hiperfinas

Outra consequência da existência do *spin* foi descoberta na análise da luz absorvida e emitida por átomos. Ao absorver energia, um átomo abandona seu estado 'natural' (de mais baixa energia) e fica excitado. Em seguida, o excesso de energia é devolvido ao meio na forma de luz (radiação eletromagnética). Porém, essa luz só é emitida em certas frequências – ou seja, é quantizada –, o que dá origem a um conjunto de linhas, o espectro. Esse espectro é bem característico para cada átomo, funcionando como um tipo de 'identidade atômica'.

Em 1913, o modelo de átomo apresentado pelo físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) levou a previsões – em bom acordo com resultados experimentais – para as frequências emitidas e absorvidas

Rabi e Cohen usaram um feixe de moléculas de hidrogênio e deutério com *spin* 1/2 – podemos pensar em um feixe de hidrogênio – que atravessava os três ímãs, passando pelo interior da bobina.

Vale lembrar que um núcleo com *spin* 1/2 só pode assumir dois níveis de energia. No mais baixo deles, a direção do *spin* e a do campo magnético – no caso gerado pelos ímãs – estão paralelas ($\uparrow\uparrow$, por exemplo). Para o nível de maior energia, essas duas grandezas estão antiparalelas ($\uparrow\downarrow$). Rabi e Cohen foram capazes de estimar a diferença de energia entre essas duas situações.

Se a bobina não estivesse emitindo radiofrequência na frequência de transição do ^1H , seu *spin* e o campo permaneciam alinhados paralelamente e, portanto, as moléculas do feixe sofriam desvios iguais tanto no ímã A quanto no B, atingindo ‘em cheio’ o detector, posicionado em um local estratégico para receber esse feixe. Caso contrário, o *spin* e o campo se torna-

vam antiparalelos. E, nesse caso, o desvio sofrido pelas moléculas no ímã A não era cancelado pelo desvio em B, e o feixe não atingia o detector, que captava um número menor de sinais de chegada.

O gráfico da figura 2 mostra que a frequência correta – chamada de transição – para o núcleo de hidrogênio é de aproximadamente 4 MHz para um campo magnético – no caso, gerado pelo ímã C – de 0,094 tesla.

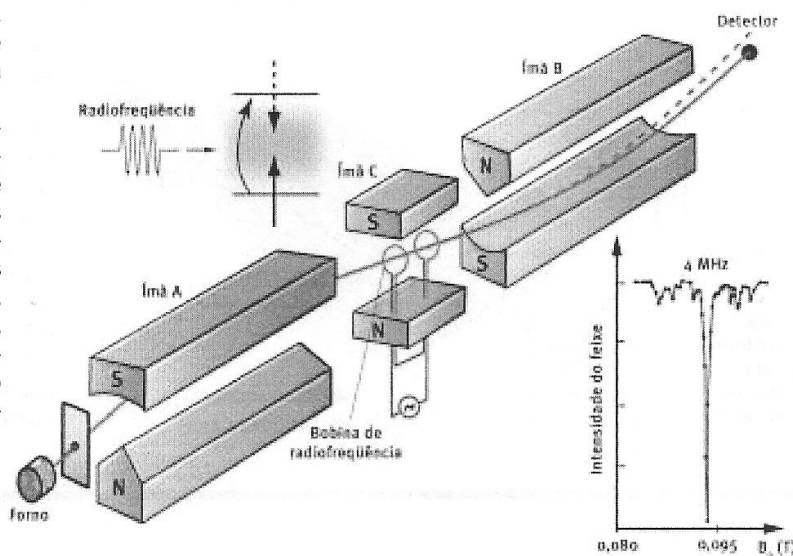


Figura 2. Esquema do experimento realizado por Rabi e Cohen em 1934

pelo átomo de hidrogênio, que tem o núcleo – formado por um próton – orbitado por apenas um elétron.

Porém, o aumento da resolução dos instrumentos revelou que muitas das linhas espectrais para o átomo de hidrogênio consistiam, na verdade, de subconjuntos de linhas separadas, chamados multipletos. Essa estrutura fina, como foi denominada, colocou em cheque as teorias da época, incluindo o próprio modelo de Bohr. Posteriormente, os experimentos trouxeram outra surpresa: até as linhas individuais dos multipletos podem consistir de várias sublinhas, dessa vez batizadas de estrutura hiperfina.

Hoje, sabemos que a estrutura fina se deve ao fato de os elétrons orbitarem o núcleo com velocidades próximas à da luz, sendo assim sujeitos a efeitos relativísticos. Já a estrutura hiperfina é explicada pela interação entre o momento magnético do elétron e o das partículas no núcleo.

Temos, então, duas possibilidades de sondar, experimentalmente, a estrutura do átomo e as pro-

priedades dos elétrons nele confinados:

- a) espectroscopia, técnica na qual os átomos, ao absorverem e emitirem luz, revelam seus espectros característicos;
- ii) experiências envolvendo campos magnéticos, com a de Stern e Gerlach.

Desenvolvimento espantoso

Uma evolução importante do experimento de Stern e Gerlach foi introduzida pelo físico austríaco Isidor Rabi (1898-1988) e o norte-americano Victor Cohen em 1934. Esses resultados foram fundamentais para o desenvolvimento das técnicas modernas de RMN (ver ‘Dois experimentos clássicos’).

Após a Segunda Guerra Mundial, com o desen-

volvimento das telecomunicações, surgiram instrumentos mais adequados para a realização de experimentos do tipo proposto por Rabi e Cohen. Por volta de 1945, o físico suíço Felix Bloch (1905-1983) e o norte-americano Edward Purcell (1912-1997) observaram como duas substâncias (água e parafina) absorviam ondas de rádio – os físicos preferem se referir a esse tipo de onda eletromagnética como radiofrequência. De forma independente, eles acabaram propondo dois métodos de RMN – um baseado em radiofrequência contínua e outro em radiofrequência pulsada – pelos quais receberam o prêmio Nobel de Física de 1952.

A grande inovação desses métodos, quando comparados com o de Rabi e Cohen, é que os experimentos podiam ser realizados com amostras líquidas ou sólidas, em vez de feixes moleculares, fato que trouxe enorme praticidade. Esses métodos são empregados até hoje, sendo o método pulsado muito mais utilizado.

Nestas seis décadas desde a inovação proposta por Bloch e Purcell, a RMN desenvolveu-se de forma espantosa, sendo útil não só na física e química, mas também na medicina, biologia, agricultura e, mais recentemente, na chamada computação

quântica, tópico que discutiremos mais adiante. Devido a essas contribuições, vários pesquisadores receberam outros prêmios Nobel: os suíços Richard Ernst (química, 1991) e Kurt Wüthrich (química, 2002), bem como o inglês Peter Mansfield e o norte-americano Paul Lauterbur (medicina, 2003).

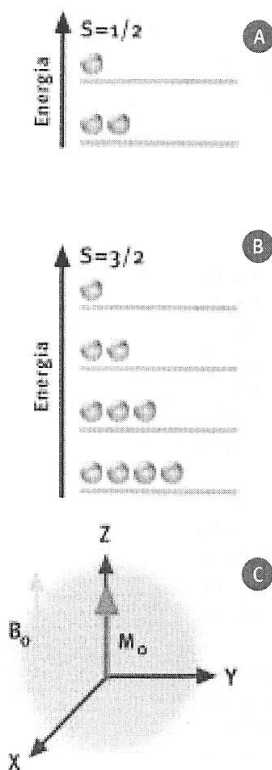


Figura 3. Níveis de energia e suas populações relativas em dois sistemas de spins nucleares (S), ambos submetidos a um campo magnético (B_0). Em A, estão os dois valores de energia possíveis para um núcleo com $spin\ 1/2$. A diferença de população entre esses dois níveis dá origem à magnetização macroscópica (M_0). Em B, estão os quatro níveis de energia permitidos para um núcleo com $spin\ 3/2$. Os círculos representam esquematicamente o número de núcleos – e, conseqüentemente, o de spins – em cada nível de energia. Em C, a magnetização aponta no mesmo sentido do campo

Níveis de energia

O experimento de RMN também está baseado na existência do *spin* nuclear – dito de forma mais técnica, o *spin* nuclear é a soma vetorial dos momentos angulares associados aos movimentos orbitais e dos spins dos prótons e nêutrons que formam o núcleo. Cada núcleo tem seu *spin*, que, por sua vez, leva ao surgimento de um momento magnético. Assim como o *spin* do elétron e de outras partículas, o *spin* nuclear é quantizado: só pode assumir valores inteiros ou semi-inteiros ($1/2, 1, 3/2, \dots$). Exemplos de núcleos atômicos que têm essas características: átomos de hidrogênio e de carbono, ambos com *spin* $1/2$, e o de sódio, com *spin* $3/2$.

Quando núcleos atômicos estão sujeitos a um campo magnético, eles ganham energia magnética cujo valor depende basicamente de seus spins e da intensidade do campo. Essa energia magnética também é quantizada. No caso dos núcleos de *spin* $1/2$, há apenas dois valores possíveis de energia, ou seja, dois níveis de energia. Para núcleos de *spin* $3/2$, há quatro níveis possíveis e assim por diante (figura 3A e 3B).

A diferença de energia entre níveis contíguos define a chamada frequência de transição, cujo valor – é importante ressaltar – varia com a intensidade do campo magnético aplicado sobre o núcleo e com o tipo de núcleo. A frequência de transição – também denominada frequência de Larmor, homenagem ao físico irlandês Joseph Larmor (1857-1942) – pode variar basicamente de 10 megahertz (10 MHz) a 1.000 MHz, ou seja, está dentro da faixa de ondas de rádio (ou radiofrequência) do espectro eletromagnético, que abrange as ondas de rádio, microondas, o infravermelho, a luz visível, o ultravioleta, os raios X e raios gama.

Populações alteradas

Quando estamos lidando com uma amostra macroscópica, há nela cerca de 10^{23} núcleos. Nesse caso, o que determina a população (quantidade) deles com cada um dos valores permitidos de energia é a temperatura da amostra e o campo magnético aplicado.

Na temperatura ambiente e na presença de campos magnéticos da ordem de 10 teslas (10 T) – para se ter uma idéia, um ímã comum, desses de geladeira, gera um campo magnético cerca de cem vezes menos intenso –, há uma diferença de população muito pequena entre os níveis, com uma

Figura 4. Efeito dos pulsos de radiofrequência sobre as populações de núcleos atômicos. Em A, o efeito de um pulso cuja frequência é a de transição sobre a população dos níveis e o momento magnético nuclear (M_0). Em B, movimento de precessão do momento magnético nuclear em torno do campo (B_0)

leve probabilidade a favor de haver mais núcleos com momentos magnéticos orientados paralelamente (campo $\uparrow$, momento $\uparrow$) – pois, nessa situação, os núcleos têm menor energia – do que antiparalelamente ao campo aplicado ($\uparrow\downarrow$). Essa diferença resulta em um pequeno momento magnético – denominado magnetização nuclear – ‘apontando’ no mesmo sentido do campo magnético aplicado sobre os núcleos (figura 3C).

Girando como um pião

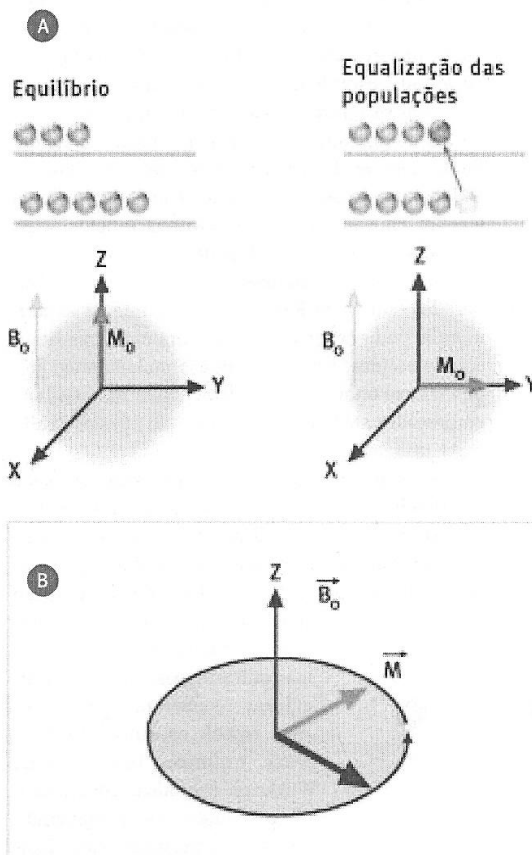
Se aplicarmos sobre uma população de núcleos um pulso eletromagnético com a frequência de transição, faremos com que haja transições entre os níveis permitidos, alterando, portanto, suas populações (figura 4). Esse fenômeno é chamado excitação em ressonância.

Assim, controlando a duração e a intensidade da radiação aplicada sobre uma população de núcleos, podemos manipular a quantidade deles em cada nível de energia e, em consequência, a magnetização do conjunto de núcleos, que podemos pensar como sendo a amostra de um material que se quer estudar. Por exemplo, se aplicarmos sobre essa amostra um pulso eletromagnético com a frequência de transição e também com a duração correta, podemos fazer com que as populações de núcleos de dois níveis se igualem. Se desligarmos esse pulso exatamente quando as populações forem iguais, teremos promovido a chamada equalização das populações desses níveis (figura 4A).

Quando se igualam as populações de dois níveis, ocorrem fenômenos essenciais para se entender como funciona a técnica de RMN:

i) a direção do campo magnético e da magnetização nuclear – antes alinhados paralelamente – formam agora um ângulo de 90 graus entre si; se imaginarmos a direção do campo na vertical, teremos a magnetização nuclear na horizontal (figura 4A) – por isso, no jargão da RMN, diz-se que foi aplicado um pulso de 90 graus ou $\pi/2$;

ii) após o desligamento do pulso, essa magnetização nuclear tende a girar em torno da direção do campo – movimento de precessão – com frequência igual à frequência de transição. Uma boa



analogia seria a de um pião girando bem inclinado, quase resvalando o chão, em torno da direção do campo gravitacional terrestre (figura 4B).

Colocando, então, uma bobina em torno da amostra, surgirá – conforme prevê uma lei da física – uma corrente elétrica induzida na bobina com frequência igual à frequência de transição. Detectando-se esse sinal elétrico, pode-se, então, determinar essa frequência e, portanto, a diferença de energia entre os níveis de energia dos *spins* nucleares (figura 5). Vale mais uma vez lembrar que esse valor da frequência de transição depende da intensidade do campo aplicado sobre o núcleo, conforme discutiremos logo abaixo.

Depois que cessa a ação do pulso, os momentos magnéticos nucleares afetados – nem todos o são, mas a explicação foge ao objetivo deste artigo – voltam à situação anterior ao pulso, ou seja, momento e campo alinhados. Esse retorno dos momentos magnéticos – e, conseqüentemente, dos *spins* – ao estado de equilíbrio é conhecido como relaxação magnética nuclear, e os tempos característicos são chamados tempos de relaxação.

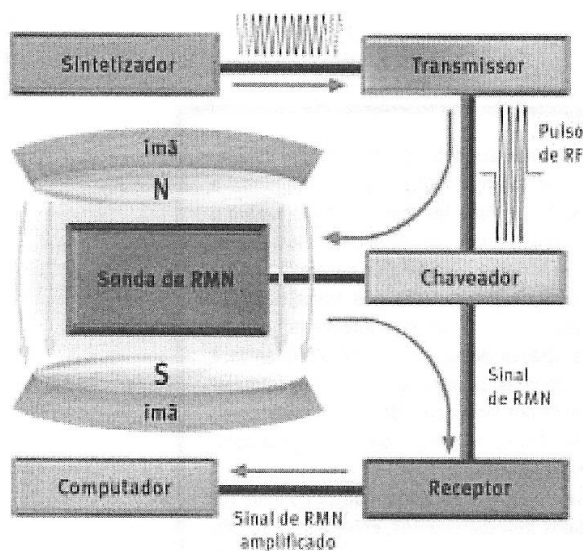


Figura 5. Esquema do equipamento empregado em experimentos de RMN. O conjunto sintetizador-transmissor produz um pulso de radiofrequência (RF) que alimenta uma bobina, que está mergulhada em um campo magnético (B_0). A bobina gera a RF necessária para excitar os núcleos atômicos da amostra, que se encontra no interior da bobina. O movimento de precessão da magnetização nuclear induz na bobina uma corrente elétrica, ou seja, o sinal de RMN, que é captado pela sonda (antena) e, depois, amplificado pelo receptor e processado por um computador

Espectroscopia e relaxação

As frequências de transição e os tempos de relaxação dependem do ambiente em torno dos núcleos, ou seja, dependem de como os momentos magnéticos nucleares interagem com outros campos elétricos e magnéticos gerados por outras partículas presentes na amostra estudada – por exemplo, elétrons e núcleos geram campos elétricos e magnéticos.

Essa interação do momento magnético nuclear com os campos gerados ao seu redor é que permite à técnica de RMN desvendar características da vizinhança dos núcleos e, portanto, fazer uma análise apurada da estrutura e da dinâmica molecular da amostra estudada. Por exemplo: i) as frequências de transição de um núcleo de carbono (^{13}C) de um grupo químico CH_3 são ligeiramente diferentes daquelas de um pertencente ao grupo CH_2 ; ii) o tempo de relaxação dos núcleos de hidrogênio na parafina é diferente daqueles na água, mesmo que o campo magnético aplicado sobre as amostras

dessas duas substâncias seja igual.

Essas características fazem da RMN uma das ferramentas mais poderosas para a caracterização de materiais, tendo aplicação em vários sistemas líquidos ou sólidos, incluindo plásticos (polímeros), vidros, proteínas, supercondutores (materiais que conduzem eletricidade praticamente sem resistência), produtos naturais, ligas magnéticas, cristais líquidos (usados em telas de relógios, computadores, TV etc.), matéria orgânica dos solos.

Porém, para recuperar as informações sobre os campos internos e relacioná-las com a estrutura, composição química e dinâmica das moléculas – seja em sólidos, seja em líquidos –, é necessário realizar experimentos complexos, geralmente envolvendo vários pulsos de radiofrequência aplicados simultaneamente em diferentes núcleos atômicos. O desenvolvimento e a utilização desses experimentos é uma das linhas de pesquisa de nosso grupo, no Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo (ver 'O LEAR').

Há hoje métodos de análise da matéria (espectroscopia) por RMN envolvendo uma, duas, três ou mais dimensões de frequência, mas o objetivo é praticamente o mesmo: obter informações cada vez mais específicas sobre a dinâmica e a estrutura de átomos e moléculas da amostra em estudo a partir da interação dos momentos magnéticos (ou *spins*) nucleares com a sua vizinhança. Um exemplo de aplicação está na determinação de estrutura de proteínas em solução, linha de pesquisa que deu ao também suíço Kurt Wüthrich o Nobel de Química de 2002.

Janela para o interior do corpo

A RMN permite a obtenção de imagens do corpo humano com grande resolução, até escalas menores que o milímetro (figura 6).

A imagem por RMN é basicamente um 'mapa' da concentração de núcleos de hidrogênio nos tecidos. É uma técnica intrinsecamente não invasiva.

Tipicamente, o contraste nessa técnica é obtido por tempos de relaxação, uma propriedade que depende das características bioquímicas do tecido. Esses tempos são diferentes entre tecidos normais e patológicos em um mesmo órgão. Essa característica, em geral, garante um diagnóstico preciso, sem a necessidade do uso de meios de contraste adicionais, comuns nas demais técnicas de imagens não invasivas – raios X e tomografia computadorizada, por exemplo.

O LEAR

O Laboratório de Espectroscopia de Alta Resolução por RMN (LEAR), do Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo (USP), já desenvolve pesquisa na área de RMN há vários anos. Na primeira etapa de sua existência, na segunda metade da década de 1980, foi desenvolvido um espectrômetro com a finalidade de estudar materiais no estado sólido. Após essa etapa, já na década seguinte, o grupo dedicou-se ao estudo de diversos materiais.

Em 1998, a equipe do LEAR decidiu iniciar a utilização de métodos avançados que permitem a manipulação simultânea de dois ou mais *spins*

nucleares – por exemplo, ^1H , ^{13}C e ^{15}N –, estabelecendo um ‘diálogo’ entre eles e permitindo a obtenção de informações mais completas sobre a natureza molecular de materiais modernos. Assim, o grupo se fortaleceu na área de desenvolvimento de métodos de manipulação dos *spins*, para poder estabelecer uma ‘conversa inteligente’ com os mesmos através de pulsos de radiofrequência e obter ‘respostas simples às perguntas formuladas’ através dos sinais emitidos pelos *spins*, como um código Morse enviado e detectado pela bobina de radiofrequência.

Desse modo, o LEAR pode realizar os mais variados tipos de experimentos, entre eles o estudo de novos materiais através de métodos espectroscópicos e de microimagem e computação quântica.

Há cerca de 10 anos, começou-se a empregar a RMN para detectar pequenas alterações do fluxo sanguíneo no cérebro, mapeando as regiões envolvidas com certas funções cerebrais, produzindo, assim, imagens que revelam o funcionamento desse órgão. Essa técnica é conhecida na literatura especializada como ressonância magnética funcional.

Átomos para fazer cálculos

A teoria da informação e computação quântica é uma das mais recentes áreas de pesquisa da física. Sua vertente mais aplicada já apresentou ao mundo – pelo menos, teoricamente – seu desdobramento mais popular: o chamado computador quântico, que promete ser, de maneira inimaginável, mais veloz que os computadores atuais (clássicos) para certas tarefas.

Em um computador clássico, toda a informação é inserida, processada e lida sob a forma de seqüências de *bits*, que podem assumir os valores lógicos 0 e 1. Recentemente, no entanto, surgiram novas idéias que propõem o uso de sistemas físicos que obedecem às leis da física quântica – daí o nome computador quântico – para processar e manipular a informação.

Enquanto um *bit* clássico só pode assumir dois valores distintos – ou seja, 0 ou 1 –, um *q-bit* (do inglês, *quantum bit*) poderia existir em forma de superposição, ou seja, é possível criar situações em que tanto o estado 0 como o estado 1 da computa-

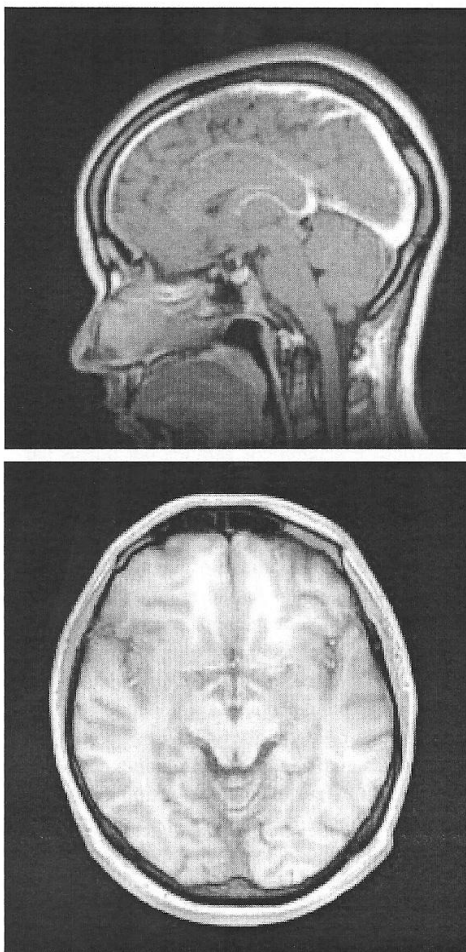


Figura 6. Exemplos de imagens obtidas por RMN

SUGESTÕES
PARA LEITURA

PANEPUCCI, H., DONOSO, J. P., TANNUS, A., BECKMANN, N., BONAGAMBA, T. J. 'Tomografia por ressonância magnética nuclear: novas imagens do corpo' in *Ciência Hoje* (vol. 4, n. 20, setembro/outubro de 1985, pp. 46-56).

COVOLAN, R., ARAÚJO, D. B., SANTOS, A. C., CENDES, F. 'Ressonância magnética funcional: as funções do cérebro reveladas por spins nucleares' in *Ciência e Cultura* (vol. 56, n. 1, janeiro de 2004, pp. 40-42).

OLIVEIRA, I. S., SARTHOUR, R. S., BULNES, J. D., BELMONTE, S. B., GUIMARÃES, A. P., DE AZEVEDO, E. R., VIDOTO, E. L. G., BONAGAMBA, T. J., FREITAS, J. C. C. 'Computação Quântica: manipulando a informação oculta do mundo quântico' in *Ciência Hoje* (vol. 33, n. 193, maio de 2003, pp. 22-29).

ZORZETTO, R. 'Átomos para fazer cálculos – físicos brasileiros entram na corrida mundial em busca do computador quântico' in *Pesquisa Fapesp* (edição 86, abril de 2003, pp. 55-59).

OLIVEIRA, I. S. 'Teletransporte com átomos – comprovado o fenômeno que pode viabilizar computação quântica' in *Ciência Hoje* (vol. 35, n. 207, agosto de 2004, pp. 9-10).

Q-BITS EM AÇÃO

Em 1994, o matemático norte-americano Peter Shor, então pesquisador dos Laboratórios Bell (Estados Unidos), apresentou um algoritmo (conjunto de etapas para resolver um problema) que permite decompor um número em seus fatores primos muito mais rapidamente que os algoritmos clássicos.

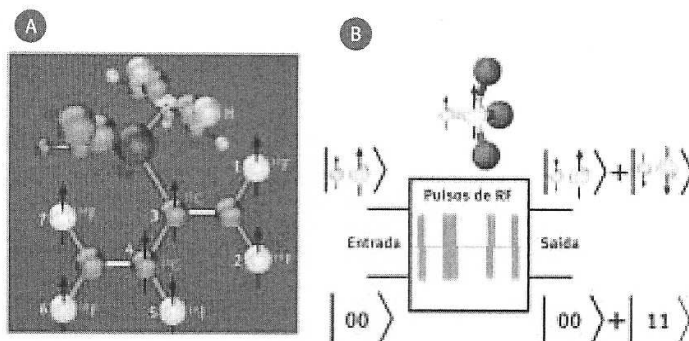
Um algoritmo clássico levaria 100 mil anos para fatorar um número com 1.024 algarismos (ou *bits*). É nesse pressuposto que está calcada toda a criptografia atual – utilizada em bancos, sistemas militares e governamentais etc. –, que emprega números com muitos algarismos, que, em tese, demorariam muito tempo para serem fatorados, mesmo pelo mais veloz dos computadores atuais. No entanto, com o algoritmo de

Shor, um número com 1.024 algarismos seria fatorado em meros 4,5 minutos.

O algoritmo de Shor foi demonstrado usando-se um 'computador' quântico – na verdade, uma molécula – com 7 *q-bits* (figura 7). Cada *spin* nuclear mostrado na molécula corresponde a 1 *q-bit*, sendo possível com esse sistema decompor o número 15 em seus fatores primos ($15 = 3 \times 5$).

A técnica de RMN é uma forte candidata à implementação da computação quântica. Com ela, é possível executar operações lógicas sobre *q-bits* – no caso, representados por *spins* em uma molécula – com a aplicação sobre eles de pulsos de radiofrequência (RF) com frequência e duração bem determinadas. A figura 7B mostra a entrada de dados – com os dois *spins* preparados com uma certa configuração –, a operação lógica sobre eles (pulsos de radiofrequência) e a saída de dados, com a nova configuração dos dados (*spins*).

Figura 7. Em A, molécula utilizada para demonstrar o algoritmo de fatoração de Shor utilizando RMN. Em B, esquema mostrando uma operação lógica em RMN de dois *q-bits*



ção clássica estejam representados simultaneamente. Por mais estranha que pareça essa propriedade, é ela que torna a capacidade de processamento da informação imensamente maior, pois várias operações podem ser executadas simultaneamente, o que é conhecido como paralelismo quântico.

Já há vários métodos e sistemas candidatos a implementar experimentalmente os *q-bits*. Por exemplo, sistemas semicondutores (os denominados pontos quânticos), junções supercondutoras, armadilhas de íons, átomos aprisionados, métodos ópticos utilizando fótons, condensados de Bose-Einstein ('estado' da matéria, a baixíssimas temperaturas, em que um conjunto de átomos se comporta coletivamente, formando uma espécie de 'átomo gigante'). Entre eles, a ressonância magnética nuclear é um dos mais promissores.

A possibilidade da utilização da RMN para manipular a informação quântica baseia-se no fato de os *spins* nucleares serem entidades que obedecem às leis da física quântica. Nesse caso, cada orientação do *spin* nuclear com relação ao campo magnético aplicado é associada a um estado lógico, e as operações que levam de um estado a outro (operações lógicas) são realizadas por pulsos de radiofrequência. Utilizando conjuntos de operações lógicas básicas, vários algoritmos quânticos foram demonstrados utilizando RMN (ver 'Q-bits em ação').

Para finalizar, vale mencionar que, no Brasil, há vários grupos de pesquisa que trabalham tanto no desenvolvimento quanto na aplicação da RMN em física, química, biologia e agricultura, estando eles reunidos na Associação de Usuários de RMN (Auremn).