

# Conceitos da teoria quântica e conhecimentos tecnológicos no Ensino Médio: recursos pedagógicos e perspectivas

## *Concepts of quantum theory and technological knowledge in the high-school*

<sup>1</sup> José Cláudio Reis Santiago

### RESUMO

---

Neste trabalho, buscamos apresentar e discutir algumas situações pertinentes à integração entre conceitos da teoria quântica e conhecimentos tecnológicos, apresentando possíveis implicações para o trabalho docente. Realizamos uma pesquisa empírica e bibliográfica na qual descrevemos, comparamos e analisamos informações sobre aspectos tecnológicos encontrados em textos da teoria quântica. Ficou evidente que as coleções têm transportado diversas sugestões de leitura e algumas indicações para uso de outros recursos. De um modo geral, há ainda necessidade de sugestões de leitura e de recursos gratuitos e mais acessíveis aos docentes, principalmente no que concerne ao emprego dos conceitos da teoria quântica articulados ao contexto tecnológico, já que as atuais sugestões praticamente limitam-se aos conceitos físicos.

**Palavras-chave:** *Tecnologia, Física, Ensino Médio.*

### ABSTRACT

---

*In this work, we seek to present and discuss some of the situations related to integration of quantum theory concepts and technological knowledge, presenting implications to the teacher's work. We have developed an empiric and bibliographical research in which we described, compared and analyzed informations on technological aspects found in quantum theory texts. It is evident that the collections have been carrying many suggestions on readings and some indications for using another resources. In general, it is still necessary free and more accessible suggestions to the teachers, especially those related to the application of concepts of quantum mechanics related to the technological context, because these suggestions are practically limited to physical concepts.*

**Key-words:** *Technology, Physics, High-School.*

## INTRODUÇÃO

Desde muito tempo, o ensino da disciplina Física tem se caracterizado por apresentar aos estudantes diversos conceitos oriundos de abordagens clássicas. A utilidade e aplicabilidade das teorias associadas a esses conceitos é de uma notabilidade tão grande que torna-se difícil destacá-las de modo suficiente. Nos últimos anos, no entanto, tem havido um maior interesse por parte de diversos autores, acadêmicos e estudiosos em trazer o ensino da Física Moderna e Contemporânea (FMC) para o Ensino Médio. Nesse sentido, as coleções didáticas de Física atuais já apresentam, em suas páginas, elementos da FMC, apesar de ainda existirem possíveis dificuldades associadas à compreensão dos estudantes. Para citar algumas entre essas dificuldades, vale começar por se referir a Niels Bohr, conhecido como o pai da mecânica quântica. Ele também é lembrado por dizer que “qualquer um que não tenha se sentido aturdido ao pensar na teoria quântica não a compreendeu” (BOHR, 1995). Guilmore (1995) destaca alguns aspectos da teoria quântica que servem de exemplo para ilustrar alguns problemas intrínsecos à própria teoria. Segundo ele,

Vários aspectos pelos quais a teoria quântica descrevem o mundo podem parecer absurdos à primeira vista - e possivelmente podem assim parecer da primeira, da segunda, terceira e vigésima quinta vez. ... A antiga mecânica clássica de Newton e seus seguidores é incapaz de dar qualquer tipo de explicação para os átomos e outros microsistemas. A mecânica quântica concorda muito bem com a observação. Os cálculos são frequentemente difíceis e entediantes, mas, onde foram efetuados, se adequam perfeitamente ao que fora realmente observado.

A “estranheza” da teoria e as dificuldades em operacionalizar os seus cálculos são aspectos que já de saída nos levam a pensar em alguma forma de descartar diversos aspectos dessa teoria, antes de considerar a sua transposição didática para o Ensino Médio (EM). Mas, além de aspectos inerentes à própria teoria, Brockington e Pietrocola (2005) consideram que há também uma insegurança inerente a qualquer tentativa de mudança no domínio escolar.

É também preciso citar que, já em torno de uma década, tem havido diversas justificativas e implementações de ações voltadas para se inserir conhecimentos sobre tecnologia no EM. As próprias reformas educacionais oriundas no contexto da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996 implicaram em parte de um contexto que acabou por colocar a necessidade de inserir conhecimentos tecnológicos no Ensino Médio. Essa forma de ensino justifica-se, entre outras razões, pela tentativa de aproximar a escola do mundo moderno e da compreensão dos processos produtivos (RICARDO; CUSTÓDIO; REZENDE JÚNIOR, 2007, p. 136).

Com essas considerações, esperamos apresentar algumas reflexões sobre os conceitos da teoria quântica e sobre conhecimentos tecnológicos, levando em consideração a necessidade de integração entre saberes específicos de que tratam as recentes Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM, 2012). Apresentamos diversas questões relacionadas a esses conteúdos. Os objetivos terão sido alcançados se forem estimuladas discussões em torno do assunto.

### 1. REVISÃO DE LITERATURA

Pesquisamos os trabalhos publicados entre os anos de 1995 e 2012. Para isso, nos servimos dos seguintes periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Física, Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia, Teses e Dissertações do Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC, Revista Ciência&Educação, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Revista ACTA Scientiae, International Journal of Science and Mathematics Education, Revista Práxis, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências - USP e Revista Brasileira de Educação Científica e Tecnológica. Não foram encontrados trabalhos que discorressem especificamente sobre a integração que pesquisamos. Apesar disso, existem trabalhos que não se encontram completamente distantes do objeto das nossas preocupações. Descrevemos então alguns entre eles, incluindo documentos oficiais neles inseridos.

Há alguns anos, diversas instituições em diferentes nações vêm expressando a necessidade de compreender melhor a influência que o avanço tecnológico exerce atualmente sobre o desenvolvimento humano. O índice de realização tecnológica definido pelo Programa para o Desenvolvimento das Nações Unidas, por exemplo, busca quantificar a difusão tecnológica que ocorre em cada país (PNUD, 2001).

Recentemente, no Brasil, as Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio (DCNEM, 2012) sinalizam que

O currículo deve contemplar as quatro áreas do conhecimento, com tratamento metodológico que evidencie a contextualização e a interdisciplinaridade ou outras formas de interação e articulação entre diferentes campos de saberes específicos.

A articulação entre os saberes específicos dispostos nessas diretrizes claramente sinaliza para a necessária reorientação das práticas e dos saberes docentes, considerando, entre outros, a atual relevância dos conhecimentos tecnológicos no Ensino Médio.

Um enfoque possível para a educação tecnológica é apresentado por Gilbert (1995). Para este autor, é possível incluir como eixos norteadores para esta forma de educação a relação entre tecnologia e meio ambiente. Assim, a partir desses eixos, o autor propõe a inclusão da educação tecnológica nos currículos escolares em todo o mundo. Como forma de especificar melhor a sua abordagem, o referido autor focaliza sua atenção no que seria um enfoque orientado para o futuro.

Outra visão relevante a respeito das finalidades da educação tecnológica é apresentada por Layton (1988). Segundo ele, pode-se encontrar suporte em um ponto de vista cultural. Isto é, no espaço da expressão cultural podemos situar tanto conhecimentos tecnológicos quanto valores inerentes à própria tecnologia. Desta maneira, o sistema de ensino-aprendizagem da própria tecnologia encontraria na cultura uma forma de abordagem.

Buscando compreender a possibilidade de levar o ensino da teoria quântica para o nível de Ensino Médio, Pinto e Zanetic (1999) acreditam que diferentes formas de expressão humana tais como a música, a pintura, a dança, o teatro, entre outros, compõem uma estratégia de ensino que permitiria apresentar aos estudantes a Física como cultura. Para Batista (1991), os diversos saberes e atitudes presentes na vida social articulam-se em uma visão de mundo relevante que acaba por se constituir numa cultura tecnológica, quando se incorpora nesta visão elementos do conhecimento tecnológico.

Outra abordagem para essas questões levaria em consideração a História da Ciência. Kunh (1970, pp. 35-36), destaca que “A tecnologia desempenhou muitas vezes um papel vital no surgimento de novas ciências, já que os ofícios são uma fonte facilmente acessível aos fatos que não poderiam ter sido descobertos casualmente”.

Essa visão considera que a então Medicina e a Metalurgia produziriam alguns dados esotéricos, que, entre outros, contribuiriam para estimular a origem de um paradigma.

Outra questão atual não menos relevante para o contexto da atuação docente estaria em seu preparo lidar com uma grande quantidade de informações. Por sua vez, isso implica em melhor preparo docente para lidar também com o conhecimento de fontes de leitura e de informação. Por outro lado, ainda é uma realidade que muitas escolas ainda não possuem nem mesmo bibliotecas, ofertas de informática ou mesmo acesso à internet (MOEHLECK, 2012, p. 43). Nesse processo de busca do conhecimento torna-se relevante pensar até que ponto os docentes já se desvincularam da preocupação de que podem ensinar todo o conteúdo. Moran, Maseto e Behrens (2013, p. 77) destacam que

O fabuloso acúmulo de informação em todos os domínios, com um real potencial de armazenamento, gera a necessidade de aprender a acessar as informações. O acesso ao conhecimento e, em especial, à rede informatizada desafia o docente a buscar nova metodologia para atender às exigências da sociedade. Em face da nova realidade, o professor deverá ultrapassar seu papel autoritário, de dono da verdade, para se tornar um investigador, um pesquisador do conhecimento crítico e reflexivo.

Os autores defendem que a adoção da pesquisa como princípio pedagógico confere ao docente a possibilidade de construir com os alunos o próprio conhecimento de forma colaborativa e participante.

Dessa maneira, o docente pode refletir sobre algumas mudanças inerentes à própria gestão do conhecimento. A esse respeito, Moran, Masetto e Behrens (2013, p. 86) assinalam que

Aprender a decorar um volume infindável de informações tornou-se tarefa de questionável valor, uma vez que pela produção veloz com que os conhecimentos vêm sendo apresentados e renovados eles tendem a envelhecer rapidamente. A visão ingênua do professor que julga ensinar tudo aos alunos sobre sua disciplina passou a ser impraticável, pois o universo das informações se estendeu e se ampliou. Portanto, mais que apresentar e decorar conteúdos os alunos precisam aprender a acessá-los, a pensar e a refletir sobre eles.

Frente a essa nova realidade, torna-se necessário não apenas informar-se sobre o novo panorama educacional. É necessário também avaliar até que ponto esse novo quadro vêm proporcionando mudanças nas ações docentes. E, até que ponto os docentes vêm experimentando essas práticas de forma integrada com a nova realidade educacional.

## 2. METODOLOGIA

A análise de conteúdo têm se mostrado uma técnica de análise de dados de destacada importância em diversas pesquisas realizadas nos últimos anos no Brasil. De certa forma, constitui-se em uma das técnicas de análise de dados que vêm sendo empregada com frequência na pesquisa qualitativa no campo da Administração, da Educação, da Psicologia e outros. No Brasil, Laurence Bardin tem sido referida como a autora mais citada no conjunto das pesquisas que empregam a análise de conteúdo como técnica de análise de dados (MOZZATO; GRZYBOVSKY, 2011). Cabe ressaltar que Godoy (1995) aponta como um dos limites da análise de conteúdo o fato de privilegiar as formas de comunicação oral e escrita.

As obras didáticas escolhidas para o desenvolvimento do trabalho foram algumas entre aquelas distribuídas pelo Plano Nacional do Livro Didático do Ensino de Ciências (PNLD, 2012) para as escolas em 2011 para serem trabalhadas nas escolas a partir de 2012. O quadro 1 apresenta o volume 3 de cada uma das coleções que se revelaram úteis para desenvolver o presente trabalho.

**Quadro 1 - Algumas referências que tratam da Física Quântica.**

Coleção	Referência
A	TORRES, C. M. A.; PENTEADO, P. C. M.; Física: Ciência e Tecnologia. 2 ed. São Paulo, SP: Editora Moderna, v. 3, 2012.
B	LUZ, A. M. R.; ALVARENGA, B. A. Curso de Física, 1 ed. São Paulo, SP: Editora Scipione, v. 3, 2012.
C	SANT'ANNA, B.; MARTINI, G.; REIS, H. C.; SPINELLI, W. Conexões com a Física. 1 ed. São Paulo, SP: Editora Moderna, v.3, 2012.
D	GASPAR, A. Compreendendo a Física. 1 ed. São Paulo, SP: Editora Ática, v. 3, 2010.
E	BISCUOLA, J. G.; BOAS, N. V.; DOCA, R. H. Física 1 ed. São Paulo, SP: Editora Saraiva, v. 3, 2010.
F	KANTOR, C. A. et al. Quanta Física. 1 ed. São Paulo, SP: Editora PD, v. 3, 2010.

*Fonte: Elaborado pelo próprio autor.*

As referências e as sugestões de complementação do conteúdo situadas nas coleções foram reunidas para melhor compreendermos o auxílio que essas coleções poderiam prestar aos docentes. Assim, estão apresentadas as referências transcritas conforme o que se encontra registrado nas coleções (quadros 2 a 7). São informações sobre figuras e gráficos empregados pelos autores, textos extraídos de jornais, vídeos, sugestões de leitura ao professor e ao estudante e, também, referências bibliográficas que foram necessárias aos próprios autores. Estão inseridas também informações extraídas do manual do professor (MP).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, estão apresentados os resultados encontrados para o conjunto de referências, sugestões de leitura e de outros recursos localizados em cada uma das coleções didáticas, conforme mencionado antes.

Para a coleção A:

**Quadro 2 - Referências encontradas na coleção A**

Referências	Comentários
VIEIRA, C. L.; VIDEIRA, A. P. Folha de S. Paulo Mais, 17 dez., 2000	Informação extraída do corpo do texto. Pág. 255
PAIS, A. Sutil é o Senhor. A ciência e a vida de Albert Einstein. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1996	Informação extraída do corpo do texto. Pág. 271
NOGUEIRA, S. Folha de S. Paulo, Folha Ciência, 23 dez. 2000	Texto extraído do jornal Folha de S. Paulo. Pág. 274
A Física de Jornada nas Estrelas Star Trek, de Lawrence M. Krauss (Rio de Janeiro: Editora Makron Books, 2 ed., 1997)	Sugestão de leitura. Pág. 281
Alice no país do quantum. Robert Guilmore (Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editores, 1 ed., 1998)	Sugestão de leitura. Pág. 281
O incrível mundo da Física Moderna, de George Gamow (São Paulo, Editora Ibrasa, 1 ed. 1986)	Sugestão de leitura. Pág. 281
PESSOA Jr., O. Conceitos de Física Quântica. São Paulo: Livraria da Física, 2003.	Item "Bibliografia". (MP Pag. 281)
É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio? A. C. Pinto e J. Zanetic, disponível <a href="http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/6873/6333">http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/6873/6333</a> (Acesso em : 27 abr. 2010)	Recomendação para o docente (MP, Pág. 67)
PESSOA Jr., O. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 19, n. 1, mar. 1997. Disponível em <a href="http://www.fifch.usp.br/df/opessoa/RBEF3.pdf">http://www.fifch.usp.br/df/opessoa/RBEF3.pdf</a> Acesso em (19 abr. 2000)	Recomendação para o docente (MP, Pág. 67)
<a href="http://www.cbpf.br/nqbitrnm/divulgacao/teletransporte.pdf">http://www.cbpf.br/nqbitrnm/divulgacao/teletransporte.pdf</a> (Acesso em: abr. 2010)	Recomendação para o docente (MP, Pág. 67)
<a href="http://www.fis.ufba.br/fis101/roteiros/fotoeletrico.pdf">http://www.fis.ufba.br/fis101/roteiros/fotoeletrico.pdf</a> (Acesso em: abr. 2010)	Recomendação para o docente (MP, Pág. 67)
<a href="http://ensinofisicaquimica.blogspot.com/2008/01/efeito-fotoelectrico-paulo-luz.html">http://ensinofisicaquimica.blogspot.com/2008/01/efeito-fotoelectrico-paulo-luz.html</a> (Acesso em: abr. 2010)	Recomendação para o docente (MP, Pág. 69)
<a href="http://www.inf.ufrgs.br/gppd/disc/cmp135/trabschico/cquantica.pdf">http://www.inf.ufrgs.br/gppd/disc/cmp135/trabschico/cquantica.pdf</a> (Acesso em: 19 abr. 2010)	Recomendação para o docente (MP, Pág. 69)
<a href="http://www.agencia.fapesp.br/materia/11661/em-busca-da-computacao-quantica.htm">http://www.agencia.fapesp.br/materia/11661/em-busca-da-computacao-quantica.htm</a> (Acesso em: 19 abr. 2010)	Recomendação para o docente (MP, Pág. 69)

Fonte: Elaboração do autor

Para a coleção B:

**Quadro 3 - Referências encontradas na coleção B.**

Referências	Comentários
EINSTEIN, A. INFELD, L. A evolução da Física. Rio de Janeiro: Nacional, 1941	Bibliografia indicada para os alunos (p. 447)
GUILMORE, R. Alice no país do quantum. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.	Bibliografia indicada para os alunos (p. 447)

Fonte: Elaboração do autor.

Para a coleção C:

**Quadro 4 - Referências encontradas na coleção C**

Referências	Comentários
WILSON J. D; BUFFA.A.J; LOU, Bo. College Physics. 6 ed . New Jersey Pearson Prentice Hall, p 852 (com adaptações)	Fonte da figura 12. Pag.340
RESNICK, R. e outros. Física 4.4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1992 p.130	Fonte da figura 13. Pag.340
TIPLER, P. Física para cientista e engenheiros 4 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.	Fonte de extração do gráfico. Pag.371
VALADARES, E de C. e MOREIRA, A. M. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 15, n.2, p. 121-135. Ago. 1988 (adaptado)	Fonte de extração do circuito com LDR, Pag.372
BRAZ , D. J. Física Moderna: Tópico para o Ensino Médio. Campinas: Companhia da Escola 2002.	Bibliografia. Pag.414
EINSTEIN, A; INFELD, L. A evolução da Física Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008	Bibliografia Pag. 414
GILMORE, R. Alice no País do quantum: a Física ao alcance de todos. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1995	Bibliografia Pag. 414
GRIBBIN, J. Fique por dentro da Física Moderna. São Paulo: Cosac&Naify, 2001.	Bibliografia. Pag. 414
GUERRA, A; BRAGA,M;REIS,J.C.Borch e a interpretação quântica da natureza. São Paulo: Atual, 2005	Bibliografia. Pag. 414
GAMOW,G.O incrí vel mundo da física Moderna. São Paulo: Ibrasa, 1980	Bibliografia sugerida. (MP, Pag.30
JUNIOR, O. conceitos de Física Quântica , vol. I São Paulo: Livraria da Física, 2006	Bibliografia sugerida. (Mp, Pag. 31
<a href="http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectronico/fotoelectronico.htm">http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectronico/fotoelectronico.htm</a>	Orientação para o trabalho dos conteúdos(MP, Pag.113)

Fonte: Elaboração do autor

Para a coleção D:

**Quadro 5 - Referências encontradas na coleção D**

Referências	Comentários
Jean Perrin, 1895. New experiments on kathode rays. Revista Nature vol. 53, Jan. 1896. <a href="http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/webdocs/Chem-History/Perrin-1895.html">http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/webdocs/Chem-History/Perrin-1895.html</a>	Fonte de figuras e citações. Pag. 327
Cathode Rays J. J. Thomson. Revista Philosophical Magazine. 44, 293(1897). <a href="http://web.lemoyne.edu/Ngiunta/THOMSON1897.html">http://web.lemoyne.edu/Ngiunta/THOMSON1897.html</a>	Fonte de figuras e citações. Pag. 327
Physics de Eugene Hecth. Nova York: Brook/Cole Publishing, 1994  <a href="http://nobelprize.org/nobel_puzes.physics/laureates/1918/plank-lecture.html">http://nobelprize.org/nobel_puzes.physics/laureates/1918/plank-lecture.html</a>	Fonte de figura. Pag. 322
	Tradução de conferência. Pag. 335

Fonte: Elaboração do autor

Para a coleção E:

**Quadro 6 - Referências encontradas na coleção E**

Referências	Comentários
Alice no país do quantum. A Física ao alcance de todos. Robert Guilmore. Jorge Zahar Editor	“Para saber mais”. Pág. 350
Bohr e a teoria quântica em 90 minutos – Coleção Cientistas em 90 Minutos. Paul Strathern. Jorge Zahar Editor	“Para saber mais”. Pág. 351
Fique por dentro da Física Moderna. John Gribbin. Editora Cosac Naify	“Para saber mais”. Pág. 352
O incrível mundo da Física Moderna. George Gamow. Editora Ibrasa	“Para saber mais”. Pág. 352
Bohr: o arquiteto da átomo. Coleção Imortais da Ciência. Maria Cristina Abdala. Odysseus Editora	“Para saber mais”. Pág. 353
<a href="http://www.youtube.com/watch?v=bnRisyXU5D&amp;feature=PlayList&amp;p=11d767E640C88A8D&amp;playnext=1&amp;playnext_from=PL&amp;index=1">http://www.youtube.com/watch?v=bnRisyXU5D&amp;feature=PlayList&amp;p=11d767E640C88A8D&amp;playnext=1&amp;playnext_from=PL&amp;index=1</a> (Aceso em 15 de mar. 2010)	Video. Pag. 355
Constante de Plank <a href="http://www.youtube.com/watch?v=AgsmR0Rx15M&amp;feature=PlayList&amp;p=D377F1B&amp;B7CE14BEB&amp;index=0&amp;playnext=1">http://www.youtube.com/watch?v=AgsmR0Rx15M&amp;feature=PlayList&amp;p=D377F1B&amp;B7CE14BEB&amp;index=0&amp;playnext=1</a> (Acesso em 15 de mar. 2010)	Video. Pag. 355

Fonte: Elaboração do autor

Para a coleção F:

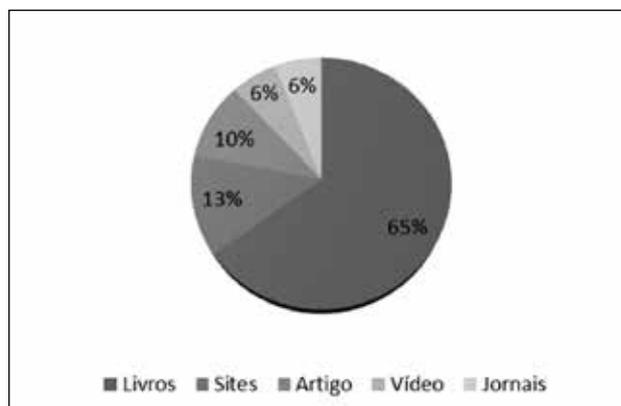
### Quadro 7 - Referências encontradas na coleção F

Referências	Comentários
RESNICK, R.; EISBERG, R. Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas. Rio de Janeiro: Campus, 1994	Sugestão de leitura. (MP Pág. 95)
VALADARES, E.C.; CHAVES, A. S.; ALVES, E. G. Aplicações da Física quântica: do transitor à nanotecnologia. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005. (Temas atuais de Física)	Sugestão de leitura. (MP Pág. 96)
FREIRE JR, O.; CARVALHO NETO, R. A. O universo dos quanta: uma breve história da Física Moderna. São Paulo: FTD, 1997	Sugestão de leitura. (MP Pág. 96)
GAMOV, G. O incrível mundo da Física Moderna. São Paulo: Editora Ibrasa, 1980. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.	Sugestão de leitura. (MP Pág. 96)
GUILMORE, R. Alice no país do quantum. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.	Sugestão de leitura. (MP Pág. 96)
OLIVEIRA, I. S. Física Moderna para iniciados, interessados e aficionados. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005	Sugestão de leitura. (MP Pág. 96)
PESSOA JR, O. conceitos de Física Quântica. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.	Sugestão de leitura. (MP Pág. 96)
The quantum dice. London: Institute of Physics Publishing, 1993	Sugestão de leitura. (MP Pág. 96)
TAVOLARO, C. R. C.; CAVALCANTE, M. A. A. A Física Moderna experimental. São Paulo: Editora Manole, 2003	Sugestão de leitura. (MP Pág. 96)

Fonte: Elaboração do autor

Uma observação atenta das referências representadas nos quadros (2 a 7) permite perceber que, pelo menos, 75 % dos materiais sugeridos acompanham denominações de editoras. Isto implica em sugestão de compras. Algumas referências estão escritas em outras línguas e, em geral, grande parte delas certamente não se encontra em bibliotecas públicas e escolares. Pois, como vimos, MOEHLECK (1998) deixa claro que muitas escolas ainda não estão devidamente equipadas com informática, biblioteca e internet. O gráfico 1 mostra a distribuição aproximada de recursos sugeridos para se obter informações sobre a teoria quântica encontrados nas coleções.

Gráfico 1 - Sugestões de recursos localizados nas coleções.



Fonte: Elaboração do autor

Como se pode perceber no gráfico 1, boa parte das sugestões observadas nas coleções não permite o acesso menos indireto aos interessados. Ou seja, em nosso entendimento, a predominância na sugestão de compra de livros pode em princípio produzir um processo desmotivador, por implicar algumas vezes em espera, indisponibilidade das obras, entre outros fatores. Recursos como vídeos, animações e jornais proporcionam baixa expectativa nessa estatística.

Grande parte das fontes indicadas pelas obras é pouco acessível aos docentes e aos estudantes. Estes dificilmente irão adquiri-las, pois o atual quadro circunstancial em que vivem não seria suficientemente motivador para eles empreenderem este tipo de ação. Pode ocorrer então uma etapa desmotivadora, compreendida entre a dúvida ou curiosidade e a busca de respostas por docentes e estudantes. Claro que não podemos atribuir todas as dificuldades associadas à falta de persistência e motivação, pura e simplesmente, ao livro didático. No entanto, um número maior de fontes adequada e didaticamente mais acessíveis poderia auxiliar melhor os docentes em diversos momentos de sua ação pedagógica, pois dispo de essas fontes e de acesso à internet ou de um banco eletrônico de informações organizado previamente, os docentes já poderiam durante a própria aula orientar uma pesquisa. O que seria compatível com as novas diretrizes curriculares no sentido de considerar a pesquisa como princípio pedagógico, orientando as ações docentes no sentido de considerar o aluno como protagonista na investigação e construção de saberes, conforme já nos referimos ao destacar a visão de Moran, Masetto e Behrens (2013).

A pesquisa compreende parte relevante do trabalho docente por estar implicada em habilidade de atuar também de forma improvisada. Isto é, o docente também precisa estar preparado para improvisação do seu trabalho em aula, pois boa parte do processo de experiências e aprendizagens não ocorre necessariamente de forma previamente planejada.

Para nos situar melhor no período histórico da teoria quântica que vem sendo tratado nas coleções didáticas, podemos destacar alguns aspectos marcantes para o desenvolvimento dessa teoria.

Final do século IX. Ocorrem alguns indícios de que a velocidade de propagação da luz no vácuo seria a mesma, independentemente do referencial empregado para sua medida. Em 1900, Max Karl Ernest Ludwig Plank desenvolveu um modelo matemático para a emissão de radiação eletromagnética no qual a emissão de energia era quantizada. Em 1905, Einstein publicou o estudo teórico do efeito fotoelétrico interpretado com base na Teoria Quântica, a análise matemática do movimento browniano e as ideias básicas da Teoria da Relatividade. Em 1911, Ernest Rutherford realiza experimentos que conduzem à criação do modelo planetário para o átomo. Em 1913, Niels Borh postulou que, no átomo, os elétrons estão confinados em estados estacionários. Em 1915, Einstein publicou a Teoria da Relatividade Generalizada. Em 1923, Niels Bohr mostrou que a energia do elétron no átomo de hidrogênio era quantizada. Em 1924, Louis-Victor Pierre Raymond de Broglie estendeu a dualidade onda-partícula, além do fóton, para todas as partículas materiais. Em 1927, Werner Heisenbeg enuncia o princípio da incerteza; Bohr sintetizou no princípio da complementaridade, a dualidade onda-partícula e o princípio da incerteza de Heisenberg; Erwin Rudolf Josef Alexander Schroedinger conseguiu escrever uma equação capaz de descrever o comportamento ondulatório da matéria.

Ao compararmos este breve esquema da evolução da teoria quântica com as observações dos próprios conteúdos textuais podemos perceber que, de modo geral, os conceitos de Física Quântica que aparecem associados aos aspectos tecnológicos estão historicamente situados no contexto da “velha” teoria quântica. Podemos lembrar que a quantização da energia no átomo de Bohr, em 1923, traz em seus postulados uma mistura de aspectos clássicos e quânticos da Física, representando ainda uma transição em direção ao estabelecimento da teoria quântica.

Além disso, foi possível observar que o conceito de efeito fotoelétrico têm sido o mais frequentemente explorado nos textos. Principalmente em associação com o LDR, cuja utilidade estaria em ilustrar as aplicações desse efeito. Como podemos observar no texto acima, a publicação do trabalho de Einstein sobre o efeito fotoelétrico encontra-se historicamente próximo às origens da formulação da teoria quântica.

Por meio do ensino, o aluno pode reconhecer a tecnologia como construção humana, como forma de expressar suas capacidades, sua visão de mundo, suas necessidades e seus valores. Compreender o papel da tecnologia para o desenvolvimento e origem histórica de um campo de estudos, permite alicerçar e alimentar novas possibilidades para o desenvolvimento do atual pensamento. Portanto, a necessidade de incorporar aspectos tecnológicos ao ensino traz consigo a expectativa de novas ações pedagógicas e novas abordagens nas coleções didáticas, como é o caso da História e da Filosofia da Ciência. Apesar disso, atualmente, a quase totalidade dos textos pesquisados que se referem ao conhecimento tecnológico ainda focaliza apenas produtos tecnológicos. Estes há vários anos vêm sendo apresentados como aplicação direta do conhecimento científico. A partir do conjunto de todas as informações resumidas nos diversos quadros, percebemos que as referências encontradas nas coleções estão bastante distantes de tratar de aspectos tecnológicos. Para superar esta situação, as questões de pesquisa podem se mostrar um caminho alternativo. O aspecto tecnológico integrador ficou mais bem evidenciado na coleção A por esta apresentar, discutir e ilustrar questões científico-tecnológicas não resolvidas ou não bem estabelecidas, como seria o caso da teleportação e da computação quântica. Esses últimos aspectos ficaram claros ainda no decorrer da pré-análise dessas questões.

Podemos observar ainda a presença dos circuitos digitais representados nas coleções quando das colocações sobre os *estados quânticos*. Estes circuitos parecem distanciar-se mais da formação de muitos docentes. Possivelmente muitos deles não desenvolveram experimentações ou estudos teóricos com esses circuitos digitais. Permanecemos em dúvida sobre a eficácia da implementação de uma discussão sobre esses circuitos digitais tomando por base apenas o conceito de *estado quântico*, conforme aparece nos textos sobre microscópios e controle remoto.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde a segunda metade da década de 90, tem havido no Brasil justificativas diversas e crescentes para inserir conhecimentos de tecnologia e de elementos da teoria quântica no EM. Perguntamos sobre a integração entre esses conteúdos. As coleções têm transportado diversas sugestões de leitura e algumas indicações para uso de outros recursos. Mas, de um modo geral, há ainda necessidade de sugestões de leitura e de recursos gratuitos e mais acessíveis aos docentes, principalmente no que concerne ao emprego dos conceitos da teoria quântica articulados ao contexto tecnológico. Isto é, conhecimentos sobre tecnologia estão praticamente ausentes das sugestões mais diretas, pois essas sugestões praticamente limitam-se aos conceitos físicos.

Foi possível realizar inferências a partir do texto escrito, ainda que as categorizações tenham se limitado a um primeiro nível. Empregamos um técnica de investigação sistemática referente ao texto escrito. Esses aspectos extraídos da leitura do texto de Bardin (1970) permitiu-nos avaliar a utilidade da análise de conteúdo para o desenvolvimento desse trabalho.

**REFERÊNCIAS**

- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Luis Antero Reto (Trad.). São Paulo: Edições 70, 1977.
- BATISTA, J. Educação científica e educação tecnológica (autonomia e interdisciplinaridade). *Gazeta de Física*, n. 3, v. 14, pp. 110 – 115, 1991.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). *Resolução n. 02, de 30 de janeiro de 2012*. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 jan. 2012.
- \_\_\_\_\_. *Guia de livros didáticos do Plano Nacional do Livro Didático do Ensino Médio de Ciências (PNLD) 2012*. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Brasília, MEC, 2011.
- BOHR, 1995. *Física atômica e conhecimento humano: ensaios 1932-1957/ Niels Bohr*. Vera Ribeiro (Trad.). Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.
- BROCKINGTON, G; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis à Física Moderna? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 3, p.387-404, 2005.
- CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L. Filosofía de la Tecnología. *Revista internacional de filosofía*, v. 27, n. 3, 1998. Disponível em <http://www.oei.es/salactsi/teorema00.htm> (Acesso em Jan. 2012).
- GILBERT, J. K. Educación Tecnológica: una nueva asignatura em todo el mundo. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didacticas*, v. 13, n. 1, p. 15-24, 1995.
- GILMORE, R. *Alice no país do quantum*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1995.
- KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1970.
- LAYTON, D. Revaluating the T in the STS. *International Journal of Science Education*, n. 10, v. 4, pp. 193 – 216.
- MOEHLECK, S. O ensino médio e as novas diretrizes curriculares nacionais: entre recorrências e novas inquietações. *Revista Brasileira de Educação*, v. 17 n. 49, jan.-abr. 2012.
- MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. 21ª ed. Campinas, SP: Papirus, 2013.
- MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKY, D. Análise de Conteúdo como Técnica de Análise de Dados Qualitativos no Campo da Administração: Potencial e Desafios. *RAC*, v. 15, n. 4, pp. 731 – 747, 2011. Disponível em <http://www.anpad.org.br/rac>
- 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, pp. 7-34, abr. 1999.
- PNUD. *Relatório do Desenvolvimento Humano 2001: Novas Tecnologias e Desenvolvimento Humano*. Lisboa: Trinova, 2001.
- RICARDO, E. C.; CUSTÓDIO, J. F.; REZENDE JÚNIOR, M. F. A tecnologia como referência dos saberes escolares: perspectivas teóricas e concepções dos professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 1, p.135-147, 2007.
- TORRES, C. M. A; PENTEADO, P.C.M. *Física: Ciência e Tecnologia*. 2ª ed. São Paulo: Editora Scipione, v. 3, 2012.