

## ENSINO DE MECÂNICA QUÂNTICA APOIADO POR UM FÓRUM DE DISCUSSÃO

Matheus Pereira Lobo<sup>1</sup>

**Grupo 4.5.** *Gestão e estrutura da educação a distância: Desafios, estratégias e dificuldades*

### RESUMO:

*Neste trabalho é compartilhada uma experiência, em desenvolvimento, de organização de um fórum de discussão, a partir dos conteúdos e referenciais estudados em um curso de mecânica quântica, ministrado a distância por uma universidade norte-americana. Serão realizados encontros síncronos em sala de aula virtual para socializar o conteúdo de uma importante área científica. A partir dos princípios metodológicos da “Aprendizagem Baseada em Problemas” – ABP (BARRETT; MOORE, 2011), serão conduzidas as discussões, apoiadas pelo recurso fórum, com o objetivo de identificar a compreensão dos conteúdos abordados nos encontros síncronos e lançar novos questionamentos a fim de que os participantes construam conhecimentos mais aprofundados acerca dos conteúdos conceituais. Espera-se que os estudantes criem comunidades de aprendizagem, fortaleçam o espírito colaborativo e socializem materiais pertinentes aos conteúdos ministrados no curso.*

**Palavras-chave:** *fórum; mecânica quântica; aprendizagem baseada em problemas.*

### ABSTRACT:

#### TEACHING OF QUANTUM MECHANICS SUPPORTED BY A DISCUSSION FORUM

*This paper shares an experience on the organization of a discussion forum, based on the content studied in a quantum mechanics online course, held by an American University. Meetings are being conducted in a synchronous virtual classroom to socialize the content of an important scientific field. Based on the methodological principles of "Problem-based Learning" – PBL (BARRETT; MOORE, 2011), there will be conducted discussions, supported by a forum, with the purpose to identify the understanding of the content covered in the synchronous online meetings and to pose new questions so that participants build deeper knowledge about the conceptual content. It is expected that students create learning communities, in order to strengthen the collaborative spirit and to socialize relevant materials of the content taught in this online course.*

**Keywords:** *forum; quantum mechanics; problem-based learning.*

<sup>1</sup> Bacharel em Física pela USP. Mestre em Ciências pela USP. Doutor em Física Teórica pela UNESP. Educador no curso de Licenciatura em Ciências, na Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP) – lobo@ft.org.br

## 1. Introdução

As recém-lançadas iniciativas de empreendedorismo social na área de educação estão revolucionando a maneira de ensinar, através do uso de tecnologias (COURSERA, 2012; MITX, 2012). O *Coursera* é uma empresa que faz parcerias com as melhores universidades do mundo e oferece cursos, gratuitamente, na modalidade de educação a distância (EaD) a milhões de estudantes pelo mundo.

O *Coursera* utiliza uma plataforma virtual de aprendizagem customizada e a proposta pedagógica se fundamenta em Questionários Formativos (BLOOM, 1984); Avaliações de Pares (ROBINSON, 2001) e Aprendizagem Ativa (DESLAURIERS, 2011; MAZUR, 2009) com o objetivo de auxiliar os participantes do curso a aprender de forma significativa e eficaz.

Em setembro de 2010, o Departamento de Educação dos Estados Unidos emitiu um relatório detalhado que realiza um levantamento em 45 publicações, comparando a aprendizagem *on-line* e presencial (MEANS, 2010). Este estudo evidencia que os métodos de aprendizagem *on-line* são, em média, tão eficazes quanto o ensino presencial. Outros sistemas híbridos, que envolvem ambos os métodos de ensino, são consideravelmente mais eficazes do que qualquer um dos métodos aplicado de forma individual.

## 2. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é socializar uma experiência de ensino, em desenvolvimento, de fundamentos de mecânica quântica e informação quântica, através de um fórum de perguntas e respostas, fundamentado em princípios metodológicos da “Aprendizagem Baseada em Problemas”. A referência dos conteúdos específicos discutidos no fórum se apoia em um curso ministrado pela Universidade da Califórnia, Berkeley.

## 3. Procedimentos metodológicos

O curso de Mecânica Quântica se caracteriza como gratuito, ofertado pelo Professor Umesh Vazirani, do Departamento de Engenharia Elétrica e Ciência de Computação da Universidade da Califórnia, Berkeley. O curso teve início em 17 de julho de 2012, na plataforma *Coursera*, com carga horária de 72 horas, divididas em oito semanas, com término previsto para 11 de setembro de 2012.

O objetivo do curso é introduzir os fundamentos da mecânica quântica através de uma abordagem de computação quântica, para estudantes de graduação de áreas distintas. A metodologia do curso envolve o estudo de videoaulas e textos, acompanhados de atividades avaliativas na forma de questionários *on-line*.

A justificativa para seleção dos conteúdos deste curso se baseou na abordagem de temas emergentes (mecânica quântica e informação quântica) da área de Física e pelo fato de ainda não existir cursos na modalidade EaD sobre essas temáticas no Brasil. Nessa

perspectiva, uma das maneiras de socializar as discussões que estão ocorrendo no curso, na língua inglesa, foi elaborar um fórum de perguntas e respostas, em português, e divulgá-lo para 2.500 membros inscritos em um *blog*, interessados em conteúdos conceituais de física. Os participantes serão notificados por *e-mail* sobre as expectativas de aprendizagem do fórum, bem como as orientações para sua utilização eficiente.

Os participantes serão motivados a participar do fórum – escrevendo novas dúvidas e contribuindo com respostas, mesmo que de forma parcial – e a utilizar duas importantes funções do fórum, marcar uma pergunta como favorita e votar nas respostas mais relevantes. Essa abordagem permite a avaliação colaborativa dos conteúdos abordados e evidencia o conceito de “inteligência coletiva” (LÉVY, 1999), ou seja, a utilização das tecnologias de informação e de comunicação (TIC) para potencializar novas perspectivas em que as inteligências individuais são somadas e compartilhadas no ciberespaço.

A tabela 1 ilustra o primeiro conjunto de questões para o fórum de discussão. As perguntas foram elaboradas a partir do conteúdo da primeira semana do curso, baseando-se na seguinte estrutura:

- conceitos trabalhados no curso, de nível fácil e médio;
- extensões conceituais sutis, de nível avançado;
- questões para avaliar o conhecimento prévio do estudante, usando temas complementares;
- temas relacionados a uma interpretação metafísica das propriedades quânticas.

Tabela 1. Questões sobre fundamentos de mecânica quântica para o fórum de discussão

Título	Problematização
Fenda dupla	O experimento da fenda dupla é muito rico em informações sobre as propriedades quânticas. Cite um exemplo de uma propriedade que você aprendeu através do sistema de dupla fenda. De que maneira ele está relacionado com o princípio de superposição?
Fenda N-upla	Qual sistema você criaria para demonstrar que não existe o conceito de trajetória na mecânica quântica?
Variantes da fenda dupla	Quais sistemas você conhece que são variantes do sistema da fenda dupla e qual a sua propriedade quântica subjacente?
Medindo a fenda	No experimento da fenda dupla, se você tentar medir por qual fenda o elétron passa, usando baixa intensidade de fótons, irá obter um padrão misto, de ondas e partículas. Por quê? A fração do padrão de interferência obtido é proporcional a quê?
Dualidade onda-partícula	Um objeto quântico é onda e partícula. Qual a relação dessa propriedade com o princípio da superposição?

O elétron é onipresente?	Podemos dizer que o elétron é onipresente? Por quê? Qual é a propriedade quântica que justifica a sua resposta?
Sem trajetória	Podemos dizer que a propriedade "sem trajetória" de um objeto quântico é uma generalização do princípio de superposição? Justifique sua resposta.
Quantização	Dê exemplos de grandezas que são quantizadas (discretas)?
Medindo objetos quânticos	Não é possível acessar todas as informações contidas em um dado objeto quântico. Isso é uma limitação prática (empírica) ou é uma limitação teórica do sistema?
Espaço de Hilbert	O espaço de Hilbert tem: + (in) finitos vetores? + dimensões (in) finitas? + vetores no espaço Real ou Complexo? Quais outras peculiaridades tem o espaço de Hilbert? Faça uma busca no google acadêmico e compartilhe os resultados que você achar interessante. <a href="http://scholar.google.com.br/">http://scholar.google.com.br/</a>
Notação de Dirac	Você gosta da notação de <i>braket</i> , formulada por Dirac? Por quê?
Qubits	O que são qubits?
Espaço Dual	O que é um espaço dual? Ele faz parte do espaço de Hilbert? O que é um funcional? Procure a resposta no google acadêmico e explique com as suas próprias palavras. <a href="http://scholar.google.com.br/">http://scholar.google.com.br/</a>
Amplitudes complexas	Qual o significado físico das amplitudes complexas de um vetor de estado quântico?
Mudando a base	Dado um estado quântico $ \psi\rangle = a 0\rangle + b 1\rangle$ , sabemos que ele pode ser escrito em diferentes bases, de forma equivalente. Com base nessa informação, o que você diria sobre a realidade física desse estado quântico? O estado $ \psi\rangle$ pode ser escrito de (in) finitas maneiras distintas?

O fórum será moderado e enriquecido com mais provocações cognitivas (PICONEZ, 2004), a partir das problematizações apresentadas na tabela e com novos questionamentos conforme forem trabalhados novos conteúdos no curso.

O mapa conceitual da figura 1 ilustra o processo de aprendizagem colaborativa que poderá ser potencializado pelo uso do fórum.

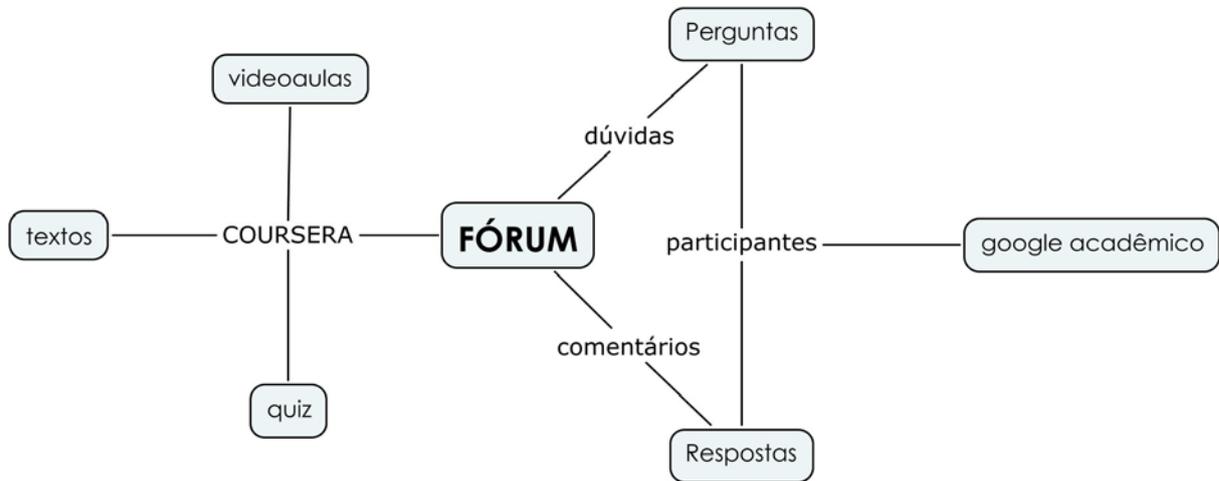


Figura 1. Integração dos participantes com os recursos disponíveis

A partir dos materiais do ambiente *Coursera*, caracterizados por videoaulas, textos, *quizzes* (questões abertas e de múltipla escolha) aplicados ao final de cada conteúdo, serão realizados encontros síncronos em sala de aula virtual, com o objetivo de discutir os conteúdos conceituais estudados no curso e socializar as notas de aula preparadas pelo pesquisador, motivando os participantes a dialogarem ativamente no fórum. Na sequência serão postados outros questionamentos no fórum para o início das discussões entre os participantes, mediadas pelo pesquisador.

#### 4. Considerações finais

Um dos objetivos do fórum será provocar cognitivamente os participantes com o objetivo de oferecer oportunidades de aprendizagem e experiências que incentivem a articulação, avaliação e reconstrução de suas concepções prévias sobre mecânica quântica e informação quântica, apoiadas pelo recurso fórum de discussão.

Além disso, há a expectativa de criação de uma comunidade virtual de aprendizagem formada com espírito de colaboração em que todos se sintam dispostos a compartilhar suas ideias, perspectivas, materiais de estudo, *links* e vídeos pertinentes ao conteúdo relacionado à mecânica quântica.

Espera-se, também, que os participantes fiquem motivados a cada novo encontro síncrono virtual, em que serão socializados, discutidos e esclarecidos os principais pontos abordados durante o curso.

Outra possibilidade futura é a elaboração de materiais de estudo a partir da estrutura do curso, fundamentando-se nas discussões e organizados em formatos de textos, figuras, mapeamentos conceituais, apresentações, que servirão de apoio para os encontros síncronos em sala de aula virtual.

Trata-se de uma pesquisa em desenvolvimento e há expectativa de que na apresentação deste trabalho sejam compartilhadas as análises parciais dessa experiência de ensino.

## 5. Referências

BARRETT, Terry; MOORE, Sarah (Ed.). **New Approaches to Problem-based Learning: Revitalising Your Practice in Higher Education**. New York, Routledge, 2011.

BLOOM, Benjamin S. The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring, **Educational Researcher**, v. 13, n. 6, p. 4-16, 1984.

COURSERA. Disponível em: <<http://coursera.org>>. Acesso em 29 jul. 2012.

DESLAURIERS, Louis; SCHELEW, Ellen; WIEMAN, Carl. Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class, **Science**, v. 332, n. 6031, p. 862-864, 2011.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1999.

MAZUR, Eric. Farewell, Lecture?, **Science**, v. 323, n. 5910, p. 50-51, 2009.

MEANS, Barbara et al. (Org.). **Evaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: A Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies**. Washington, D.C.: U.S. Department of Education Office of Planning, Evaluation, and Policy Development Policy and Program Studies Service, 2010. Disponível em: <<http://www2.ed.gov/rschstat/eval/tech/evidence-based-practices/finalreport.pdf>>. Acesso em 29 jul. 2012.

MITX. Disponível em: <<http://mitx.mit.edu>>. Acesso em 29 jul. 2012.

PICONEZ, Stela. C. B. Aprendizagem cooperativa apoiada por recursos da internet como estratégia de educação permanente e qualificação interdisciplinar. **Cadernos Pedagógicos de Reflexões**, v. 01, n. 6, pp. 81–87, São Paulo, 2004.

ROBINSON, Ralph. Calibrated Peer Review™, **The American Biology Teacher**, v. 63, n. 7, p. 474-480, 2001.