

O ensino de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) no século XXI

RESUMO

Marco Antonio Moreira
marco.moreira@ufrgs.br
[0000-0003-2989-619X](tel:0000-0003-2989-619X)
Instituto de Física da UFRGS

São apresentados vários desafios para o ensino de ciência e tecnologia, mais especificamente para o ensino de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), na educação contemporânea, procurando chamar atenção de professores, gestores educacionais e órgãos governamentais para a importância de enfrentar esses desafios, se o que se quer é um desenvolvimento científico e tecnológico adequado para a sociedade do século XXI.

PALAVRAS-CHAVE: STEM. Ensino de STEM. Educação científica e tecnológica.

APRESENTAÇÃO

Este texto foi organizado a partir de uma apresentação em Powerpoint usada em uma conferência plenária ministrada pelo autor no IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, realizado na UTFPR, Ponta Grossa, PR, de 23 a 26 de novembro de 2016. Essa apresentação, por sua vez, está baseada em um dossiê publicado pela revista *Science*, em 2013, sobre grandes desafios para o ensino de ciências no século XXI, estendendo tais desafios para o ensino de STEM. Os parágrafos tirados desse dossiê foram traduzidos livremente pelo autor, assim como aqueles tirados de outras fontes.

STEM usualmente representa conteúdos de Ciência (Science), Tecnologia, Engenharia e Matemática, mas às vezes inclui outros conteúdos. A base do ensino de STEM envolve a integração desses conteúdos, quebrando os “silos” de ensino de disciplinas totalmente independentes que os estudantes têm que enfrentar, e fazendo conexões com o contexto do mundo real.

Grandes Desafios no Ensino de Ciências (na perspectiva STEM)

Há poucos anos a revista *Science* dedicou boa parte de um volume (2013, vol.340, pp. 290-323) ao tema *Grandes Desafios no Ensino de Ciências (dentro das áreas STEM)*. Nas primeiras páginas (292-296) deste material, Carl Wieman, Prêmio Nobel de Física há poucos anos atrás, diz com destaque, referindo-se ao ensino superior: **A transformação é possível se a universidade realmente quiser.**

O Ensino de Ciências (STEM) na Universidade

A maneira como a maioria das universidades de pesquisa ensina ciência na graduação é pior do que ineficaz. É não científica. (op.cit., p. 292)

Há toda uma indústria dedicada a medir quão importante é minha pesquisa, com fatores de impacto dos meus artigos e por aí vai. No entanto, nem sequer coletam dados sobre como estou ensinando. Isso não recebe atenção. (op.cit., p. 293)

Há muitos professores que acham totalmente apropriado dedicar mais tempo melhorando seu ensino, mas não é isso que se espera deles. (ibid.)

Aprendizagem ativa e ensino centrado no aluno

Criticando o ensino tradicional, Wieman defende a aprendizagem ativa (*active learning*) e o ensino centrado no aluno:

O que funciona melhor do que aulas expositivas e temas (problemas) de casa é ter os alunos trabalhando em pequenos grupos com a mediação de professores que podem ajudá-los a aplicar conceitos básicos a situações da vida real. (op.cit., p. 294)

Prática deliberada

Segundo sua experiência, a melhor maneira de implementar a aprendizagem ativa e o ensino centrado no aluno é fundi-los com o conceito de **prática deliberada** (*deliberate practice*).

A **prática deliberada** envolve o aprendiz na resolução de um conjunto de tarefas ou problemas que são desafiadores mas factíveis, viáveis, e que envolvem explicitamente a prática de raciocínio e desempenho científicos.

O professor, ou mediador, oferece incentivos apropriados para estimular os alunos a dominar as competências necessárias, assim como uma contínua realimentação para mantê-los ativos. (ibid.)

Competências

Desenvolver competências científicas não é uma questão de encher de conhecimentos um cérebro, mas sim de desenvolver esse cérebro. A educação em STEM não deve ser uma seleção de talentos, mas sim de desenvolvimento de talentos. (ibid.)

Competências como, por exemplo, modelagem, argumentação a partir de evidências, comunicação de resultados.

Laboratórios presenciais e laboratórios virtuais

Outro desafio é o uso de laboratórios virtuais no ensino de ciências. É claro que laboratórios tradicionais são importantes no ensino de ciências, mas muitas vezes não são usados ou não existem nas escolas ou universidades.

Laboratórios virtuais podem motivar os alunos e contribuir para o desenvolvimento de competências científicas e tecnológicas: os alunos podem modificar características dos modelos científicos; podem criar modelos computacionais; podem fazer experimentos sobre fenômenos não observáveis diretamente.

Desordens neurocognitivas individuais

O outro grande desafio para ensinar STEM no século XXI é desenvolver uma melhor compreensão sobre como diferenças individuais no desenvolvimento cerebral interagem com a educação formal.

Compreender desordens do desenvolvimento cognitivo pode melhorar a educação para todos. Por exemplo, dificuldades de aprendizagem como dislexia, discalculia, déficit de atenção e autismo. É urgente investigar nessa área.

O sistema educativo deveria ser capaz de monitorar e fazer adaptações às **desabilidades específicas de aprendizagem** (*specific learning disabilities – SLDs*). Uma abordagem promissora envolve o uso de tecnologias capazes de adaptar o ensino de disciplinas básicas (e.g., matemática, ciências, línguas) às diferenças individuais.

Professores que lideram fora da sala de aulas, mas não perdem sua conexão com os alunos estão melhor posicionados para disseminar e implementar práticas e políticas educacionais.

Assim como lousas empoeiradas ainda existem em muitas salas de aula, muitos professores envolvidos nas reformas educacionais falham em imaginar que a escola hoje não é a mesma de quando eram professores ou alunos.

Embora sejam essenciais para promover a aprendizagem, poucas políticas públicas dão espaço de liderança a professores bem-sucedidos nessa tarefa.

Isolados atrás de portas fechadas das salas de aula, professores tradicionalmente não têm tempo para observar e aprender com seus pares.

Professores de sala de aula devem também ter tempo, espaço e recompensas para divulgar suas práticas a colegas, gestores, políticos educacionais, pais, líderes comunitários.

Desenvolvimento profissional de professores de STEM

Resultados de pesquisas, qualitativas e quantitativas, com várias abordagens disciplinares, sugerem várias características que tornam mais efetivo o desenvolvimento profissional de professores:

- a) foco em conteúdos específicos
- b) envolver professores na aprendizagem ativa
- c) viabilizar a participação coletiva de professores em atividades de desenvolvimento
- d) coerência com políticas e práticas educacionais
- e) tempo de duração

Apesar disso e de outros fatores já identificados, é preciso ainda muita pesquisa para entender melhor os mecanismos de como se aprende a ser professor e também de quais devem ser os conhecimentos de ciências que devem ter os professores para a sala de aulas.

Muitos professores dizem que em seu desenvolvimento profissional recebem mais oportunidades de desenvolvimentos genéricos do que de desenvolvimentos específicos em ciências. (Online “just-in-time assistance” é uma potencialidade nesse sentido.)

Repensando o ensino do STEM para não-cientistas e não-engenheiros

Durante meio século, usando slogans como “alfabetização científica” e “ciência para todos”, sistemas educacionais, em muitos países, defenderam que a ciência deveria ser ensinada para todos os estudantes, mesmo os que não seguiriam carreiras científicas ou de engenharia. Os resultados foram modestos, não está claro em que medida isso melhorou a capacidade do cidadão em viver em uma sociedade altamente científica-tecnológica.

Grandes desafios para o ensino de ciências no século XXI são: ajudar os alunos a explorar a relevância pessoal da ciência e da tecnologia e integrar o

conhecimento científico a soluções de problemas, práticas e complexas, que muitas vezes não podem ser definidas em termos puramente científico-tecnológicos; desenvolver nos estudantes a compreensão da base social e institucional da credibilidade científico-tecnológica; estimular e habilitar os estudantes a aprender ciências desenvolvendo seus próprios interesses, curiosidades e práticas científico-tecnológicas para toda a vida.

Dificuldades previsíveis

Currículos escolares, expectativas dos pais, treinamento para a testagem militam contra pedagogias que sacrificam aprendizagens de curto prazo em favor de maior motivação, habilidades complexas e menores, mas mais duradouros, corpos de conhecimentos.

Cientistas podem ser aliados ou adversários nesse tipo de ensino. Alguns tiveram e têm um papel decisivo em mudanças curriculares e pedagógicas. Outros defendem somente a abordagem de fatos, princípios, técnicas e solução de problemas.

Melhoria do ensino através da pesquisa e desenvolvimento em sistemas educacionais

A conexão entre pesquisa e prática no campo da educação científica-tecnológica tem sido fraca.

Como usar resultados de pesquisa para buscar novas possibilidades e desenhar novos instrumentos e processos para melhorar o ensino? Através da **pesquisa translacional**.

O termo translacional sugere que os resultados de pesquisa existem, estão à mão, mas devem ser traduzidos à linguagem da prática.

A metáfora da translação concilia a maneira como a pesquisa que resolve problemas da prática é moldada e guiada pelo problema para produzir soluções desejadas e utilizáveis.

A pesquisa educacional na universidade e as agências que financiam essa pesquisa devem incentivar a pesquisa translacional.

Outro desafio é a criação de uma cultura dentro do sistema educacional que favoreça a pesquisa e a experimentação em contextos reais de sala de aula, com a participação de professores.

A testagem

Há uma desconexão entre o conhecimento que os alunos têm sobre fatos e procedimentos científico-tecnológicos, tal como medido pelos testes, e sua compreensão sobre como esse conhecimento pode ser aplicado no raciocínio científico-tecnológico, na argumentação e na pesquisa.

Conhecer ciência e tecnologia implica o entrelaçamento de aspectos de conhecimento e compreensão.

Padrões e expectativas de desempenho devem ser definidos de modo que a testagem dê evidências da habilidade do aluno em aplicar e compreender conceitos transversais na solução de problemas, mas também no contexto disciplinar específico.

A avaliação deve ir além da testagem, mas esta direciona a prática escolar e torna-se um elemento chave da mudança e melhoria do processo educativo. Bem-feita, pode significar o que se espera que os alunos saibam e sejam capazes de fazer e ajudar os ambientes de aprendizagem a favorecer essa aprendizagem. **Malfeita, faz sinalizações errôneas e distorce o ensino e a aprendizagem.**

Professores devem dispor de tempo, apoio e instrumentos de testagem para criar ambientes de aprendizagem onde seus estudantes tenham oportunidades adequadas de aprender o que se espera deles.

STEM: Presidente Barack Obama

Em um mundo cada vez mais complexo, onde o sucesso é dirigido não só pelo que **você sabe**, mas sim pelo que você **pode fazer** com o que você sabe, é mais importante do que nunca para nossos jovens serem equipados com conhecimentos e habilidades para resolver problemas desafiadores, coletar e avaliar evidências e dar sentido à informação. Esses são os tipos de habilidades que os alunos devem adquirir estudando ciência, tecnologia, engenharia e matemática – conteúdos chamados coletivamente de STEM.

STEM: nos Estados Unidos

No entanto, poucos estudantes norte-americanos buscam especializar-se em áreas STEM e há um número inadequado de professores especializados nessas áreas.

Por isso, o governo estabeleceu como prioridade aumentar o número de estudantes e professores proficientes em campos fundamentais do STEM

STEM: na Graduação (EUA)

Cursos introdutórios aborrecedores são uma grande razão porque menos do que 40% dos estudantes que entram na universidade na área STEM acabam, de fato, recebendo um diploma em STEM. (Marvis, 2016).

Um estudo recente feito na Universidade do Texas mostrou que esse número aumentou para 94% quando os estudantes participaram efetivamente de atividades de pesquisa. (ibid.)

STEM: Professores

Professores com profundo conhecimento da sua matéria de ensino, junto com o domínio de habilidades pedagógicas específicas dessa matéria são o mais importante fator para assegurar um ensino de STEM em nível de excelência.

Professores devem compreender o valor de colaborar com outros professores. Mas como suas formações são diferentes, escolas e universidades devem dar tempo e apoio para essa colaboração.

Professores de distintas disciplinas devem colaborar para assegurar que estão maximizando a aprendizagem dos estudantes, reforçando conceitos e informações similares em aulas diferentes.

Uma barreira ao sucesso em STEM é a falta de investimento no desenvolvimento profissional de professores nessa área.

Além disso, envolve uma mudança no papel do professor de transmissor de conhecimentos para facilitador da aquisição significativa de conhecimentos, a fim de ajudar os alunos a identificar e utilizar fontes relevantes de conhecimento para resolver problemas do mundo real.

STEM: Tecnologia

Tecnologias devem ser entendidas como todos os tipos de sistemas e processos desenvolvidos pelo ser humano, não só computador e internet, e devem ser estendidas a calculadoras, microscópios e outros recursos, mas, nos dias de hoje, a tecnologia computacional deve permear o ensino em todas disciplinas. Escolas e professores devem usá-la para fomentar, facilitar, a aprendizagem, ao invés de ficar com medo dela ou competindo com ela.

Mas alguns professores podem necessitar instruções sobre como utilizá-la em suas aulas de modo a integrar o ensino de STEM. Por exemplo, através de coleta e análise de dados, comunicação de resultados, apresentação de informações de maneira dinâmica e interessante.

A tecnologia não deve ser interpretada pelos estudantes apenas como um meio de obter informações. A tecnologia é um componente fundamental do STEM, não apenas parte dele.

STEM: Parcerias

O ensino de STEM não deve ficar restrito às paredes da escola. Parcerias com comunidades, indústrias, negócios, museus, centros de ciências podem oferecer atividades na escola e fora dela para facilitar, promover, a implementação de STEM no currículo.

A MODO DE CONCLUSÃO

Como foi dito na apresentação, este texto foi organizado a partir de uma sequência de eslaides usados pelo autor em uma conferência. Por isso, todos os tópicos foram abordados sucintamente. Mas espera-se que pelo menos alguns desses tópicos tenham despertado interesse dos leitores estimulando-os a buscar mais informações sobre os mesmos.

A título de conclusão, é feita, a partir dos tópicos trabalhados, uma síntese final sobre como é, internacionalmente, o ensino da STEM e como deveria ser.

O ensino de STEM no Século XXI: como é

- Centrado no docente, na aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados.
- Basicamente do tipo ensino para testagem, focado no treinamento para dar respostas corretas.
- Ao invés de buscar as interfaces e integrações entre disciplinas, as compartimentaliza ou supõe que não existem.
- Disciplinas como Física e Cálculo são ensinadas sem levar em conta a carreira dos estudantes.

O ensino de STEM no Século XXI: como deveria ser

Centrado no aluno e no desenvolvimento de competências científicas e tecnológicas como modelagem, argumentação, comunicação, validação, ...

Fazendo uso intensivo de tecnologias de informação e comunicação, por exemplo, em laboratórios digitais.

Levando em conta resultados neurocognitivos, incentivando e apoiando professores empreendedores e o desenvolvimento profissional docente.

Apoiado na pesquisa educacional translacional.

Encarando a testagem desde outra perspectiva, não a da resposta correta.

Ensinando Física e Cálculo usando situações da Engenharia

Ensino de STEM pode parecer um termo estranho pois normalmente fala-se em ensino de ciências, ensino de engenharia, ensino de matemática. Mas a proposta do ensino de STEM é evitar essa compartimentalização do ensino de ciências e tecnologia.

The teaching of STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) in the XXI century

ABSTRACT

Several challenges for the teaching of science and technology are presented, more specifically for the teaching of STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), in contemporary education, attempting at calling the attention of teachers, school managers, and governmental agencies for the relevance of these challenges, if what we want is an adequate scientific and technological development for the XXI century society

KEYWORDS: STEM. The teaching of STEM. Scientific and technological education.

REFERÊNCIAS

Berry, B. Teacherpreneurs: A Bold Brand of Teacher Leadership for 21st – Century Teaching and Learning. *Science*, Vol.340, April 2013, p. 309-310.

Butterworth, B., Kovas, Y. Understanding Neurocognitive Developmental Disorders Can Improve Education for All. *Science*. Vol. 340, April 2013, p. 300-304.

Donovan, S. Generating Improvement Through Research and Development in Education Systems. *Science*, Vol 340, April 2013, p. 317-319.

Feinstein, N.W., Allen, S., Jenkins, E. Outside the Pipeline: Reimagining Science Education for Nonscientists. *Science*, Vol.340, April 2013, p. 314-316.

Jong et al. Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science*, Vol.340, April 2013, p. 305-308.

Mervis, J. Genuine Research Keeps Students in Science. *Science*, Vol. 352, June 2016, p. 1266.

Pellegrino, J.W. Proficiency in Science: Assessment Challenges and Opportunities. *Science*, Vol 340, April 2013, p. 320-323.

Wieman, C. Grand Challenges in Science Education. Transformation is possible if a university really cares. *Science*, Vol. 340, April 2013, p. 292-296.

Wilson, S. M. Professional Development for Science Teachers. *Science*, Vol. 340, April 2013, p. 310-313.

Recebido: Dezembro de 2017

Aprovado: Junho de 2018

DOI: 10.3895/rbect.v11n2.8416

Como citar: MOREIRA, M. A. O ensino de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) no século XXI. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 11, n. 2, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/8416>>. Acesso em: xxx.

Correspondência: Marco Antonio Moreira - marco.moreira@ufrgs.br

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

