



8º ENEDS

Ouro Preto - MG - Brasil - 19, 20 e 21 de Setembro de 2011

A TENACIDADE DA FANTASIA: PROPOSTAS PARA A RENOVAÇÃO DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

Área Temática: Formação do Engenheiro e Novas Possibilidades de Atuação

Maurício Dwek

*Programa de Engenharia de Produção, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Bloco G
Centro de Tecnologia, Cidade Universitária – maudwek@gmail.com*

Resumo

Por mais que se reivindique a necessidade de formar um número cada vez maior de engenheiros para suprir as demandas técnicas do país, a complexidade dos problemas com os quais os profissionais de engenharia são confrontados hoje requer uma revisão dos projetos pedagógicos dos cursos que os formam, bem como de seus currículos. O artigo explora o potencial crítico da pedagogia freiriana, do enfoque CTS e da prática de projeto na engenharia como elementos para uma renovação do ensino de engenharia no Brasil.

Palavras-chave: Ensino de Engenharia; Projeto Pedagógico; Currículo; Paulo Freire, Ciência-Tecnologia e Sociedade (CTS).

1 Introdução a um cenário de adversidades

Não é fácil ser um engenheiro nos dias de hoje. Especialmente no Brasil. Em um cenário de crises globais nos campos ambiental, social e econômico, o engenheiro brasileiro é chamado para resolver, por meio do domínio que tem da tecnologia, os problemas técnicos dos empreendimentos produtivos do país. A responsabilidade é grande. Segundo a Federação Interestadual de Sindicatos de Engenharia (FISENGE),

o engenheiro é o elemento-chave no processo de condução das inovações tecnológicas aos setores econômicos da sociedade, além de também ser ele o responsável pelas formas como os novos conhecimentos são difundidos e apropriados pelo aparelho produtivo. (OLIVEIRA, 2007, p. 7)

A expectativa depositada sobre os luminares da ciência e da tecnologia é alta. E as exigências também o são, embora as condições para atingir os objetivos estabelecidos para a classe dos engenheiros não sejam favoráveis. Existem restrições cada vez mais severas para o exercício profissional dos engenheiros, tanto no cenário internacional como na política tecnológica interna do país: desregulamentações, inseguranças e precarizações dos mercados e dos vínculos de trabalho; aumento do rigor na aplicação e modernização da legislação ambiental; limitações de consumo energético; e uma política de investimentos em inovação tecnológica herdada de um período de importação de tecnologia estrangeira. Além disso, em números, a situação é desanimadora: no Brasil, apenas 10 mil pessoas trabalham no setor de pesquisa e desenvolvimento, enquanto na Coreia do Sul são 125 mil dos quais 90 mil são engenheiros, e nos E.U.A., 750 mil com 2/3 de engenheiros (OLIVEIRA, 2007, p. 15).



8º ENEDS

Ouro Preto - MG - Brasil - 19, 20 e 21 de Setembro de 2011

Idealmente, com um cenário tão repleto de percalços, dever-se-ia estar formando inúmeros “super-engenheiros” para contrabalançar as dificuldades que lhes são impostas, ou seja, profissionais extremamente afiados em termos técnicos e com uma bagagem multidisciplinar à altura da complexidade dos problemas aos quais são confrontados, conscientes das consequências de suas ações sobre o meio ambiente. Todos educados em instituições de ensino com as devidas condições financeiras, adaptadas às demandas rapidamente cambiantes da sociedade brasileira, e com possibilidade de absorção no mundo do trabalho e no setor produtivo.

Na prática, o que se verifica é o contrário. Somente 13% das despesas discricionárias do orçamento do país, pouco mais de 1,3% do PIB, são voltadas para a educação (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2010), muito abaixo do patamar estipulado desde 1994 na Coreia do Sul, que destina 5% do PIB à educação (MICHELLON; MILTONS, 2008, p. 16). Na educação superior, apenas 5% dos egressos são engenheiros – enquanto, na China por exemplo, este percentual chega a 30% (MCT, 2010, p.61). Os cursos de engenharia sofrem muito ainda com o problema da evasão que, em 2007, estava em torno de 90%, a maior dentre os cursos superiores de pedagogia (77%), administração (86%), direito (87%) e medicina (88%)¹.

No entanto, embora o cenário das macropolíticas para a educação apresente condições bastante adversas, de nada adiantará aumentar os investimentos se não for empreendida uma renovação na maneira como é concebido o ensino de engenharia hoje. Basta observar que os estudantes ainda têm aula com professores cuja formação se deu conforme padrões educacionais do século XIX, que não foram formados para entender a realidade e sim para reproduzir modelos conservadores em sala de aula. Além disso, os cursos de engenharia não proporcionam o contato com outra dimensão da atuação do engenheiro na sociedade além da esfera exclusivamente técnica (FRAGA, 2007; DWEK, 2008). No percurso acadêmico do futuro engenheiro, não são promovidas oportunidades de formação crítica e valorativa, que concorram para uma atuação socialmente responsável, ética e cidadã. O que representa, portanto, uma nítida separação entre o que atualmente é exigido de um engenheiro na prática e o que sua formação lhe confere.

O presente artigo expõe primeiramente algumas das características mais marcantes dos cursos de engenharia, de maneira crítica, com a intenção de apontar “o que é em vista do que ainda não é e deveria ser” (NOBRE, 2004, p. 9-10). Uma proposta de renovação para a formação em engenharia é esboçada em seguida, com ênfase na retomada de elementos da pedagogia freiriana, na abordagem interdisciplinar do enfoque CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade), e na importância de atividades de projeto.

¹ Estes dados são uma simplificação a partir dos números compilados por Oliveira (2010, p. 28), retirados do INEP, 2009. Foram calculados pela razão entre o número de concluintes e de matriculados nos cursos públicos e privados de engenharia no país em 2007. Não é possível saber com exatidão qual a evasão de um curso superior que tem menos de 60% das vagas oferecidas ocupadas e um tempo médio de conclusão bem acima dos 5 anos requeridos, variando conforme as instituições de ensino. Os indicadores nacionais indicam 50% de desistência apenas (SOUZA *et al.*, 2010, p. 51).



2 Caracterizações da formação

Há uma polêmica histórica dentro do ensino profissionalizante entre a instrução programada e a construção do conhecimento. É a oposição entre a cabeça bem cheia e a cabeça bem feita de Montaigne, ou seja, entre se ter uma memória e uma cultura importantes ou uma mente bem estruturada e com boas capacidades de raciocínio lógico. Desde que se tornou centro de emissão de diplomas e títulos, porta de entrada do mercado de trabalho, a universidade passou a seguir uma lógica industrial para tentar atender às massas que batem à sua porta. Hoje, reina a instrução programada. Retomando o modelo clássico da engenharia de produção, os cursos universitários parecem ter adotado o molde da produção seriada conforme a Figura 1, apresentada abaixo:

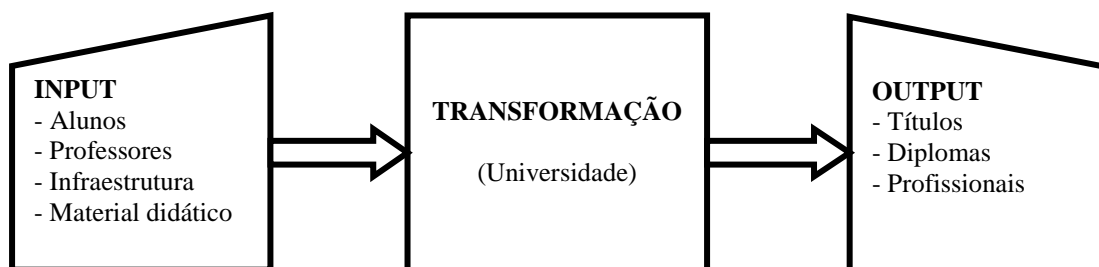


Figura 1 – O modelo produtivo da instrução programada.

Uma iniciativa recente do Massachusetts Institute of Technology (MIT) chamada CDIO – cuja tradução seria Conceber-Projetar-Implementar-Operar – amplia e detalha os elementos que compõem a formação de um engenheiro de maneira bastante exhaustiva. A Figura 2, abaixo, apresenta os percursos de carreira possíveis para um engenheiro, de acordo com a associação de habilidades gerais e específicas que ele desenvolverá ao longo de sua formação. Dentre as habilidades gerais, apenas uma, “raciocínio engenheiral e solução de problemas”, é essencialmente técnica.



Figura 2 – Percursos de carreira profissional para engenheiros. Fonte: Crawley *et al.* (2007)

No Brasil, a formação em engenharia é regida pela Lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996 que estabeleceu as “Diretrizes e Bases da Educação Nacional” e, mais especificamente, pela resolução CNE/CES 11/2002, que instituiu as “Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia”. Esses dois marcos legais do país representam uma evolução considerável com relação à regulamentação anterior, à época do Conselho Federal de Educação, datada de 1976, que estipulava os “Currículos Mínimos” para os cursos de graduação em engenharia.

A nova legislação representa um avanço, pois define o perfil do formando em engenharia como um profissional

[...] com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade. (MEC/CNE/CES, 2002, art. 3º)

Para atingir o propósito de formar esses engenheiros, é exigido das instituições de ensino superior um projeto pedagógico do curso “que demonstre claramente como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas” (MEC/CNE/CES, 2002, art. 5º). Quanto ao currículo, conteúdos básicos e específicos mínimos são definidos, com suas respectivas proporções na carga horária do curso, embora não haja menção a uma carga horária total. Nota-se que é exigido o estímulo de atividades complementares, “tais como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas técnicas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias e outras atividades empreendedoras” (MEC/CNE/CES, 2002, art. 5º).

No entanto, uma análise dos currículos explícitos de duas instituições de renome nacional indica que os cursos de engenharia enfatizam os conteúdos técnicos, não promovem a conexão entre a engenharia e outras áreas, e não colocam o aluno em posição de protagonista da sua formação (FRAGA, 2007; DWEK, 2008). Há portanto uma contradição direta entre os currículos atuais e o Parecer do CNE/CES 1362/2001, que foi publicado como introdução às Diretrizes Curriculares, e afirma que:

O novo engenheiro deve ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas. Ele deve ter a ambição de considerar os problemas em sua totalidade, em sua inserção numa cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões. (MEC/CNE, 2001, p.1)

Fraga (2007) e Dwek (2008) também apontam que estão presentes nos currículos de engenharia todas as cinco dicotomias fundamentais da educação em ciência e tecnologia identificadas por Gordillo *et al.* (2000), a saber (sempre com uma valorização do primeiro termo em detrimento do segundo): saberes vs. valores, teoria vs. prática, racionalidade vs. criatividade, especialistas vs. leigos, ciência e tecnologia vs. humanidades. Não cabe aqui detalhar os efeitos nocivos de cada dicotomia, mas basta observar que essas separações têm o grande defeito de inibir o desenvolvimento humano dos engenheiros. Para superar essas dicotomias, novas competências devem ser estimuladas pelos cursos de engenharia como empatia, criatividade, senso crítico, autonomia e diálogo. O problema é que as escolas de



8º ENEDS

Ouro Preto - MG - Brasil - 19, 20 e 21 de Setembro de 2011

engenharia estão defasadas e os processos internos das instituições de ensino são muito lentos para se adaptarem às rápidas mudanças que vêm ocorrendo.

Em geral, as formações universitárias, ou de forma ainda mais abrangente, a educação, devem buscar formar, em todos os campos, profissionais que reconheçam a necessidade de atuar dentro de seu próprio contexto, com o objetivo de nele sentirem-se inseridos e regenerá-lo, renovando assim o próprio exercício da sua profissão. Com isso, é possível romper o ciclo vicioso das políticas escusas, alienantes e autoreprodutivas que, especialmente no campo da ciência e da tecnologia, sustentam o pensamento tecnocrático vigente. Nesse quadro, qual o novo papel dos docentes? Como criar casos para levantar essas qualidades buscadas nos futuros engenheiros?

3 Elementos para uma renovação

3.1 Renovação pedagógica

Souza *et al.* (2010, p. 47-48) destacam as dificuldades encontradas por professores para elaborar e implantar projetos pedagógicos de curso (PPC): “a falta de tradição na elaboração do PPC no âmbito de engenharia; a diversidade de entendimentos e valorizações sobre o PPC; a resistência a mudanças e uma reação contra o PPC como uma exigência externa à cultura da engenharia”.

Um dos maiores pensadores da educação do século XX, Paulo Freire (1921-1997), ao longo dos discursos e livros que compõem a sua obra, propôs uma concepção pedagógica radicalmente distinta daquela que domina os centros de instrução programada. Para ele, o papel do educador é de sensibilizar para a interpretação das especificidades de cada realidade e em especial da sua própria. O educador é um profissional do sentido e a escola é um espaço de conhecimento. O professor é coordenador, animador e organizador do trabalho de leitura do mundo, que consiste em aproximar-se da realidade, retirar-lhe o mito e identificar o que é útil através da curiosidade epistemológica do aluno. Assim, é fomentada a autonomia intelectual (FREIRE, 1979).

A leitura do mundo se dá por um processo de levantamento de temas oriundos dos contextos dos alunos, das necessidades populares e dos projetos de vida de cada um. É a fase da investigação temática. O professor em seguida organiza essas informações, confrontando-as entre si e com o acervo do conhecimento de que dispõe: essa etapa é chamada de tematização. Por fim, retorna aos alunos com as diferentes problemáticas ligadas a cada tema, na etapa de problematização. O diálogo aparece para compartilhar o conhecimento e verificar a validade da leitura do mundo.

É preciso incorporar a pedagogia freiriana aos cursos de engenharia para desenvolver as capacidades críticas que são requeridas dos engenheiros atualmente. Assim, será fomentada a capacidade de problematização da realidade, que passa longe do pensamento de qualquer engenheiro, muito mais focado na resolução do que na definição dos problemas. Com efeito, tradicionalmente, transmite-se uma ideia ingênua da prática da engenharia: esta não passaria de um jogo de investigação, deixando ao âmbito empresarial o poder de decisão e gestão (GIULIANO, 2010). Os cursos de engenharia não formam os alunos nas competências intelectuais e linguísticas necessárias para atuar, debater e disputar estes espaços. Tendem a afirmar que os problemas são *a priori* e que as soluções técnicas são exclusivamente



8º ENEDS

Ouro Preto - MG - Brasil - 19, 20 e 21 de Setembro de 2011

técnicas. Eliminam assim qualquer reflexão sobre as repercussões sociais, políticas e econômicas, enfim, qualquer aspecto da situação-problema que não possa ser enunciado tecnicamente.

É o que se verifica hoje no tratamento do problema ambiental: apesar de haver um aumento da consciência sobre as questões energéticas e o meio ambiente, estes ainda são considerados assuntos à parte dentro do ensino de engenharia e têm até a sua própria especialização. Por isso, perdura um quadro em que existem, de um lado, engenheiros que, por suas ações, têm um impacto ambiental negativo no mundo e, de outro lado, engenheiros que trabalham para corrigir os erros dos primeiros. Não há um pensamento integrado, o que dissipa e dilui os esforços.

3.2 Renovação curricular

Não basta haver uma renovação na concepção do que é educar um engenheiro se não houver de fato uma atualização dos currículos de engenharia. O enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) busca reintegrar as implicações sociais e ambientais na compreensão dos dispositivos científicos e tecnológicos. As características centrais dos estudos CTS consistem na interdisciplinaridade de suas bases epistemológicas, sua orientação transformadora da sociedade e não simplesmente reprodutiva dos valores hegemônicos, a negação da visão neutra da ciência e tecnologia, e a adoção de um modelo de produção antropocêntrico (e não tecnocêntrico).

Hoje, os conteúdos CTS já são tidos como necessários, embora ainda sejam, na prática, apenas complementos à formação, justaposições desajeitadas, disciplinas “extra-engenharia”, ou simples itens de perfumaria no curso. Os próprios professores sentem dificuldades para a implementação de abordagens CTS por nunca terem tido contato com estes conteúdos – o que gera dúvidas e inseguranças nos docentes (SORPRESO; ALMEIDA, 2010). No entanto, existem alguns exemplos de iniciativas bem-sucedidas, como na Universidad de la Republica, no Uruguai, o curso de extensão “Ciências e Comunidade”, que promove atividades em que os alunos podem ensinar ciências em escolas e festivais de ciência e tecnologia, atividades em que são fomentados debates e discussões públicas sobre temáticas atuais de ciência e tecnologia, e trabalhos de extensão (DAVYT; LÁZARO, 2010). Igualmente, é possível citar a disciplina de “Engenharia e Sociedade” na Universidad Tecnológica Nacional de Buenos Aires que, integrando o ciclo básico de disciplinas, desenvolve valores éticos e o tema do desenvolvimento humano dentro de um determinado contexto sociopolítico, por meio de um trabalho prático (FERRANDO, 2010).

A prática é justamente um elemento central para a formação em engenharia. Não basta aprender só teoria: pode-se imaginar aprender menos teoria e complementar a sua formação com os desafios dos problemas reais. Isso estimula a criatividade pela liberdade na descoberta dos problemas. Nesse sentido, as disciplinas de projeto geram um entendimento de modo sistêmico de todas as etapas de consecução de um produto ou serviço, integram os conhecimentos dos engenheiros, e inserem-nos em contextos específicos em que devem lidar com restrições das mais diversas.



8º ENEDS

Ouro Preto - MG - Brasil - 19, 20 e 21 de Setembro de 2011



Figura 3 – Fases de um projeto

A Figura 3 apresenta as diferentes fases de um projeto ou de uma iteração no processo de projeção. É importante que cada etapa esteja bem documentada e, para isso, os jovens engenheiros-projetistas devem ser versados em linguagens de representação gráfica para seus problemas.

O que falta na concepção atual dos projetos de engenharia é a questão do uso. Existem muitos projetos ditos “de prancheta”, que não se concretizam ou não trazem os resultados esperados por não levarem em conta a cognição ou o padrão cultural do usuário. Deve-se atentar para a aceitação de um projeto dentro da situação cultural vigente. Ao inserir o engenheiro em um contexto para elaborar um projeto, ele deve ser capaz de estabelecer um diálogo com os atores daquela realidade, de maneira a melhor integrar seus aportes na solução.

4 Considerações finais

Comumente, o futuro só é pensado em termos de avanços – ou inovações – tecnológicos, que também só são entendidas como um aumento de velocidade e uma extrapolação das tendências tecnológicas atuais. O futuro não é reconhecido como construção. Embora os artefatos mudem, não se altera tanto a vida humana: a humanidade continua se comunicando, se alimentando, se locomovendo, se matando etc. É preciso buscar interações e sinergias para catalisar um processo que quebre esse ambiente de cristalização intelectual e essa simples “coleção” de ciência, pois a técnica sem ética é o caos técnico.

O atual sistema educacional é arcaico, excessivamente burocrático e hierarquizado, doutrinador, impositivo e unilateral. Opõe-se à dialogicidade do conhecimento, que faz aflorarem os conflitos e contradições que constroem a realidade. A universidade distribui diplomas e desvaloriza carreiras não legitimadas por ela. É refém do mercado, quando sua função na verdade é regulá-lo.

E se as escolas de engenharia pudessem ser laboratórios de novas ideias, que promovessem e difundissem competências técnicas? E se cada conteúdo técnico fosse associado a uma aplicação prática, em um projeto que beneficiasse a própria universidade e sua comunidade? E se os engenheiros assim formados decidissem prosseguir atuando de forma a regenerar o seu contexto e não vendessem sua *expertise* a quem pagar melhor? Essa é uma fantasia que não pode ser proscrita e deve permanecer tenaz na mente de todos os engenheiros brasileiros.



5 Referências Bibliográficas

CRAWLEY, Edward F. *et al. Rethinking Engineering Education – the CDIO approach*. New York: Springer, 2007.

DAVYT, Amílcar; LÁZARO, Marila. El campo CTS y el enfoque extensionista de la Universidad Latinoamericana: diálogos y convergencias. In: VIII ESOCITE, Buenos Aires, 2010. *Anais...*, 1 CD-ROM.

DWEK, M. *Perspectivas para a formação em Engenharia: o papel formador e integrador do engenheiro e o Engenheiro Educador*. 140p. Trabalho de Formatura (Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, 12/2008.

FERRANDO, Karina. Formación de Ingenieros desde una perspectiva CTS. In: VIII ESOCITE, Buenos Aires, 2010. *Anais...*, 1 CD-ROM.

FRAGA, L. S. *O curso de graduação da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP: uma análise a partir da educação em ciência, tecnologia e sociedade*. 86p. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 24/08/2007.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. São Paulo: Paz e Terra, 1979.

GIULIANO, Gustavo. Hacia una formación en ingeniería contextualizada. In: VIII ESOCITE, Buenos Aires, 2010. *Anais...*, 1 CD-ROM.

GORDILLO, Mariano Martín; OSORIO, Carlos; CERESO, José Antonio López. *La educación en valores a través de CTS*. Contribución al Foro Iberoamericano sobre Educación en Valores. Montevideo 2-6 de Outubro de 2000. Disponível em: <<http://www.oei.es/salactsi/mgordillo.htm>>.

MICHELLON, Ednaldo ; MILTONS, M. M. *Educação e Crescimento Econômico na Coréia do Sul*. In: XI Encontro de Economia da Região Sul XI ANPEC-Sul. Curitiba : ANPEC, 2008. v. 1.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Livro azul da 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação*. Brasília, 2010.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO/CNE. Parecer CNE/CES 1362/2001 de 12 de dezembro de 2001. *Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia*. Brasília, 25 fev. 2002, seção 1, p. 17.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO/CNE/CES. Resolução CNE/CES 11 de 11 março de 2002. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. *Diário Oficial da União*. Brasília: 9 de abril de 2002, seção 1, p.32.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. *Projeto de lei orçamentária 2011*. Brasília: Secretaria do orçamento federal, agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/secretaria.asp?cat=50&sub=507&sec=8>. Último acesso em: 13/12/2010.

NOBRE, Marcos. *A teoria crítica*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.

OLIVEIRA, Agamenon R. E. *Os desafios atuais para a formação dos engenheiros brasileiros*. Cadernos FISENGE 3. Rio de Janeiro: Federação Interestadual de Sindicatos de Engenheiros, 2007.

OLIVEIRA, Vanderli F. de. Retrospecto sobre a formação em engenharia. In: PINTO, Danilo P. *et al.* (org.), *Educação em engenharia – Evolução, bases e formação*. Juiz de Fora: Fórum Mineiro de Engenharia de Produção Editora, 2010.

SORPRESO, Thirza Pavan; ALMEIDA, Maria José P. M. Obstáculos para a utilização da abordagem CTS no ensino de física em nível médio nos discursos de licenciandos em física. In: VIII ESOCITE, Buenos Aires, 2010. *Anais...*, 1 CD-ROM.

SOUZA, Antônio Cláudio G. Lei de diretrizes e bases da educação e diretrizes curriculares nacionais para a engenharia. In: PINTO, Danilo P. *et al.* (org.), *Educação em engenharia – Evolução, bases e formação*. Juiz de Fora: Fórum Mineiro de Engenharia de Produção Editora, 2010.