

ENSINO DE ENGENHARIA: ABORDAGEM PELA COMPLEXIDADE

DOI:<http://dx.doi.org/10.15552/2236-0158/abenge.v34n1p3-16>

Flávio Macedo Cunha¹

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar uma análise de determinados aspectos relacionados ao ensino de engenharia na perspectiva da complexidade. A partir da ótica dos sistemas complexos, o processo de ensino-aprendizagem comporta um olhar que inclui tanto a ordem quanto a indeterminação, tanto a previsão quanto o imprevisto, tanto o específico quanto o geral. No caso do presente artigo, os aspectos destacados relacionam-se ao ambiente da sala de aula, à escolha de metodologias de ensino, à abordagem dos conteúdos, ao desenvolvimento de competências e à estruturação do currículo. Considera-se que as análises e decisões relativas ao planejamento e à operacionalização do ensino, o que inclui os aspectos citados, podem ser ampliadas e aplicadas a partir do referencial da complexidade. A título de ilustração, é apresentada uma síntese do projeto pedagógico de um curso de engenharia cujo currículo está sendo desenvolvido e orientado tendo como referência a abordagem complexa.

Palavras-chave: Complexidade; conteúdos e competências; ensino de engenharia.

ABSTRACT

ENGINEERING EDUCATION: AN APPROACH BY THE COMPLEXITY THEORY

The main goal of this paper is to present an analysis of some aspects related to engineering education based on complexity theory. From the point of view of complex systems, the teaching-learning process can be contemplated considering several aspects that include order and indetermination, the predicted and the unexpected and the specific and general. In this paper, the focus is on the classroom, choosing the education methodology, the content approach, the development of the competences and the curricular structure. It considers that analyses and decisions regarding education planning and programming can be amplified and applied from the complexity referential. In order to illustrate, a pedagogic project synthesis of an engineering course is presented, which curricular structure have been developed and oriented based on the application of complexity theory.

Keywords: Complexity; curricular contents and professional competences; engineering education.

¹ Mestre em Educação Tecnológica. Professor do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC Minas e do Departamento de Engenharia Elétrica do CEFET MG. email: fmcfavio@hotmail.com

INTRODUÇÃO

As Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (BRASIL, 2002), ao definirem competências e conteúdos, pautaram a maioria das discussões sobre o ensino nessa área, colocando em foco o desenvolvimento de competências e a abordagem dos conteúdos necessários à formação do engenheiro. Tomando como referência as últimas edições do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE 2011, 2012, 2013), as Seções Dirigidas focalizaram, entre outros, temas relacionados à “aprendizagem ativa”, termo apresentado em contrapartida à “aprendizagem passiva”, que, normalmente, corresponde às práticas tradicionais, tais como a aula expositiva centralizada no professor e as atividades de laboratório com procedimentos padronizados e direcionados para a comprovação de teorias. Por outro lado, as práticas associadas à aprendizagem ativa mudam o foco do processo do ensino, do professor para o estudante. As estratégias descritas apontam para a criação de ambientes de aprendizagem que permitam ao estudante “aprender a aprender”, juntamente com o desenvolvimento de competências que atendam às exigências profissionais necessárias ao engenheiro. Diversos trabalhos e teses, dentre os quais alguns são referenciados neste artigo, abordam temas nessa área e apresentam as vantagens e as dificuldades relacionadas à aplicação dessas práticas no ensino de engenharia. A inclusão das Atividades Complementares nos projetos pedagógicos constituiu, entre outras, uma prática que trouxe inovações significativas no ensino, como é demonstrado na pesquisa de Tonini (2007). Outra abordagem que tem sido ampliada na educação em engenharia é o ensino por problema/projeto, cuja aplicação prática consiste na metodologia PBL (*Problem/Project Based Learning*). Essa metodologia envolve uma inovação no processo ensino-aprendizagem, mediante a integração teoria-prática e a interdisciplinaridade. Nessa estratégia pedagógica, os estudantes trabalham em equipe e buscam resolver um problema ou um projeto. Os pontos mais destacados como vantagens da PBL relacionam-se ao desenvolvimento de competências necessárias ao desempenho profissional no campo da engenharia. Esses e outros aspectos são

brevemente mencionados no presente artigo, porém, o foco deste trabalho situa-se no debate entre as metodologias aplicadas – tradicionais/inovadoras –, na polêmica entre a ênfase nos conteúdos e no desenvolvimento de competências e na estruturação do currículo, que nem sempre é organizado de modo a viabilizar a aplicação integrada de metodologias ativas. A organização do currículo em disciplinas estanques e sem uma integração entre os diversos componentes pode levar o estudante a compor um conhecimento fragmentado e, não raro, mantê-lo envolvido num conflito que requer o ajuste de tempo para atender às diversas demandas do curso, com prejuízos para o seu processo de aprendizagem.

Considera-se que os pontos acima destacados podem ser compreendidos de forma mais ampla à luz da teoria dos sistemas complexos. Essa teoria aplica-se em situações da realidade nas quais há necessidade de considerar os diversos componentes de um sistema, não de forma isolada, mas devidamente interligados e interagindo entre si. Além desse aspecto, a complexidade considera a totalidade dos fatos em constante mudança, portanto, como sistemas que, para serem compreendidos adequadamente, precisam ser analisados na sua dinâmica processual. Dessa forma, é ainda necessário considerar que esses sistemas comportam a imprevisão e o acaso e que, como consequência, não admitem um pleno controle ao longo de todo o seu percurso. Essa abordagem pode ser compatível com o processo educacional. Assim, sua incorporação na análise das questões de ensino-aprendizagem e na fundamentação dos projetos curriculares pode ser adequada para orientar as discussões e as tomadas de decisões nesse campo do conhecimento. A proposta, no momento, é trazer essa leitura para dentro do processo de ensino, o que implica considerar as metodologias aplicadas no ensino de engenharia, analisar a interação no ambiente escolar, tal como a sala de aula, fazer uma releitura na definição de competências e no papel dos conteúdos disciplinares e compreender as diversas dimensões da dinâmica curricular da qual participam, conjuntamente, os estudantes e os educadores.

Nesse sentido, o presente artigo faz, sem a pretensão de esgotar o tema, uma breve abordagem à

teoria dos sistemas complexos, visando a aplicá-la a algumas questões educacionais; coloca em foco a “sala de aula”, a partir de uma visão que tem como referência a complexidade desse ambiente de aprendizagem; destaca algumas metodologias praticadas nas escolas de engenharia, considerando alguns aspectos do simples e do complexo em cada uma delas; destaca alguns pontos relativos aos conteúdos e competências que, por diversas vezes, se encontram no centro das discussões sobre o currículo, apresentando uma reflexão em relação à necessidade de considerar conjuntamente e de modo integrado, esses dois vetores no currículo de engenharia. Ainda, a título de ilustração, o currículo do curso de Engenharia de Energia da PUC Minas é brevemente descrito, destacando-se algumas questões práticas que serão discutidas neste artigo, tendo como referência os pontos acima citados.

SISTEMAS COMPLEXOS

O conceito de sistemas complexos pode constituir-se num referencial que propicie uma compreensão inovadora do processo educacional. Esse conceito, que chega a ser proposto como uma nova disciplina – a teoria dos sistemas complexos (NUSSENZVEIG, 2008) –, considera que determinados processos apresentam relações imbricadas de tal forma que é impossível abordá-los sem considerar a teia das relações que se estabelecem entre eles. Quando se refere à noção de complexidade, a primeira ideia que se apresenta é o seu contrário, a simplicidade. No entanto, a complexidade não exclui a simplicidade, mas deve ser considerada onde o pensamento simplificador falha. A abordagem das questões pela simplicidade foi parcialmente adequada para algumas áreas da ciência, como no modelo da física newtoniana, que considerou as partículas como sendo os constituintes básicos de um universo presumivelmente possível de ser ordenado e calculado. Essa abordagem foi também aplicada em situações que tinham como referência separar os eventos em partes independentes entre si, estabelecer uma relação linear de causa e efeito ou, ainda, isolar um objeto do seu meio, de modo a obter precisão e clareza sobre o mesmo. No paradigma da simplicidade, a visão da ciência tem como ponto de partida três princípios básicos que passam a ideia de um domí-

nio do conhecimento sobre a realidade. O primeiro princípio considera que todos os processos são possíveis de ordenação e são, conseqüentemente, determinísticos. Qualquer acaso, se houver, é devido a um conhecimento ainda insuficiente. O segundo princípio é o da separação dos fatos como método para o estudo detalhado dos fenômenos. Considera-se que esse método possibilita o conhecimento preciso e verdadeiro da realidade. O terceiro princípio implica garantir que o observador permaneça separado do seu objeto, sem nele interferir, também conhecido como a exclusão do sujeito no processo do conhecimento. Esses princípios se estabeleceram especialmente através do empirismo, do positivismo e do modelo comportamentalista. O saber, nessa concepção, estaria fundamentado na certeza, na previsão e no controle, mediante garantia da ordem, do determinismo, da separação e da independência do observador.

No final do século XIX, diversas áreas da pesquisa científica, entre elas a própria física, depararam-se com um conjunto de contradições em relação ao princípio da simplicidade que levaram à necessidade de considerar a desordem e a incerteza como integradas ao processo de conhecer. Morin (1999) destaca que a visão da ciência que herdamos, estruturada para garantir a certeza do conhecimento e encontrar a ordem dos fenômenos, não é adequada quando aplicada em áreas tais como a biologia e as ciências humanas e sociais. Isso porque, nessas áreas, o conhecimento está intrinsecamente relacionado à noção de complexidade. O paradigma da complexidade requer a análise conjunta da ordem e da desordem, assim como a incerteza em relação aos fatos observados (MORIN, 2005). Essa aparente contradição lógica na associação dos termos “ordem” e “desordem” é menos absurda que tentar descrever o mundo apenas na perspectiva da ordem ou da desordem. Desordem e ordem são essenciais no processo criativo. Nesse sentido, Morin (2005) ressalta que um universo que fosse apenas ordem não permitiria a criação e a inovação, e um universo que fosse apenas desordem não teria condições de conservar a novidade. Esse olhar remete aos sistemas com características de auto-organização, típicos dos sistemas vivos, que comportam desorganização e reorganização.

A ideia de desordem está ligada à noção de incerteza e de indeterminação, aspectos esses incompatíveis com a visão da ciência tradicional. Assim, o mundo determinístico perde seu lugar na manutenção das certezas, mediante a inclusão do acaso como parte da realidade. Como observa Morin (2005, p.201), “não sabemos se o acaso é uma desordem objetiva ou, simplesmente, o fruto de nossa ignorância”. Nessa perspectiva, nem sempre é possível saber se a incerteza associada a um fenômeno é fruto de uma insuficiência do conhecimento que impede de encontrar a ordem oculta na desordem ou se é um aspecto próprio da realidade observada. Como consequência, o “conhecimento é, pois, uma aventura incerta que comporta em si mesma, permanentemente, o risco de ilusão e de erro” (MORIN, 2002, p. 86). E, considerando a mudança introduzida no modelo de conhecimento a partir dos sistemas complexos, conclui Morin (2005, p.188):

A complexidade parece ser negativa [...] já que é a reintrodução de incerteza num conhecimento que havia partido triunfalmente à conquista da certeza absoluta.

Morin (2006) introduz, ainda, o paradoxo do uno e do múltiplo. Para compreender os fenômenos, torna-se necessário considerar os diversos aspectos inseparáveis da realidade, que se apresenta como um tecido de eventos. Assim, a abordagem pela complexidade exige que a análise de um aspecto da realidade seja considerada em relação com os demais. “A complexidade se apresenta com os traços inquietantes do emaranhado, do inextricável, da desordem, da ambiguidade, da incerteza...” (MORIN, 2006, p. 13).

Em síntese, ao considerar uma abordagem complexa no estudo de um fenômeno, deve-se levar em conta ordem e desordem conjuntas, a possibilidade do acaso e da incerteza como elementos próprios do sistema, e a interação entre os diversos eventos relacionados àquele sistema. Além desses fatores, a abordagem pela complexidade requer a inclusão do sujeito no processo do conhecimento, atuando em espaços consensuais; a não neutralidade dos sujeitos; e a não linearidade dos fatos.

De uma maneira geral, um sistema complexo apresenta as seguintes características (NUSSENZVEIG, 2008): é dinâmico e está em constante evo-

lução; é aberto, interagindo com o meio ambiente; cada unidade produz uma resposta aos sinais que recebe das outras, sendo que essa resposta não guarda uma simples relação de proporcionalidade ao estímulo recebido; o sistema responde aleatoriamente aos impulsos recebidos; o sistema se auto-organiza de forma espontânea, criando ordem a partir de um estado desordenado; podem surgir propriedades coletivas emergentes, com novas interações diante de estados críticos; o comportamento do sistema depende da história anterior; o sistema é adaptativo, isto é, envolve aprendizado em função da interação com o ambiente. Nesse sentido, um sistema adaptativo complexo (GELL-MANN, 1996) adquire informação sobre seu meio ambiente e sobre sua própria interação com esse meio, identificando regularidades e criando esquemas que possibilitam retroalimentar e atuar a partir desses esquemas. Cita-se como exemplo o cérebro, os sistemas ecológicos, o funcionamento do sistema imunológico, a evolução das sociedades humanas, o aprendizado e o raciocínio.

No sistema educacional, a ideia de simplicidade reflete-se, por exemplo, na estruturação do currículo em disciplinas estanques e sem integração com outros componentes curriculares, nas práticas de ensino que são voltadas para a exposição de conteúdos, sem buscar uma interação com os aprendizes, nas aulas de laboratório que focalizam unicamente guias procedimentais, no estudo de temas, sem considerar a dinâmica de sua construção e o seu processo de produção. Essa postura é comum, ainda, quando o objeto de ensino não tem uma conexão com a realidade, como, por exemplo, estudar uma teoria sem buscar sua integração com situações reais do mundo do trabalho ou da futura profissão do estudante.

O paradigma da complexidade pode ser uma referência adequada para abordar questões no campo educacional, como a organização curricular, o planejamento do ensino, a definição de metodologias de ensino-aprendizagem, as operações mentais, a interconexão entre as diversas áreas de conhecimento, a interação no ambiente escolar, tal como a sala de aula, a avaliação da aprendizagem, entre outros aspectos. O paradigma da complexidade torna-se igualmente um marco referencial sobre o qual se

estruturam as metodologias inovadoras no ensino, uma vez que, como veremos, essas metodologias apresentam várias características relacionadas aos sistemas complexos. Sem a pretensão de esgotar o tema, alguns desses aspectos, tais como o ambiente da sala de aula, as metodologias de ensino e as definições de modelos curriculares são, a seguir, focalizados à luz da teoria dos sistemas complexos.

A SALA DE AULA

A sala de aula é o lugar do encontro. É o ambiente onde pessoas com visões de mundo, interesses, valores e expectativas diversas se encontram para elaborarem, em conjunto, um produto, que é a aprendizagem. Alunos e professores aprendem sempre, quando se colocam nessa postura de abertura. Para que essa aprendizagem seja possível, o espaço da sala de aula está intrinsecamente envolvido com o processo de construção e desconstrução do conhecimento. Dessa forma, é também espaço da dúvida, mais que da certeza, da abertura mais que dos dogmas, dos questionamentos mais que das respostas prontas. Comporta o planejamento e a improvisação, o cumprimento de metas, assim como a mudança de direção, a ordem e o caos. O professor precisa abrir mão do total controle, se quiser realizar, na sua plenitude, o seu papel na sala de aula. A aula é ponto de partida que admite várias finalizações. Assim, as dúvidas e as perguntas surgem como parte inerente ao processo da aula, e não precisam ser silenciadas mediante respostas certas e eficazes. Por isso, deve ser também lugar para elaborações de respostas construídas coletivamente, com a participação dos sujeitos, e baseadas em conceitos e fundamentos ancorados em teorias e práticas passíveis de refutação e de reelaboração. O saber no espaço da aula é sempre provisório, assim como na vida, orienta-se a partir de proposições que visam a compreender o mundo dos fenômenos em permanente possibilidade de mudança. O conhecimento produzido na sala de aula precisa também ser manejado com o uso adequado da instrumentação e da técnica. Não é, portanto, um conhecimento simplesmente transmitido, mas elaborado, testado, internalizado pelos sujeitos. Como escreve Demo (2000, p. 9), “a aprendizagem precisa da técnica como instrumento, mas é, no âmago, expressão política”. Desenvolve-se nes-

se contexto, o sujeito capaz de construir sua história com autonomia e capacidade de inovar. O professor também aprende, tem dúvidas e não tenta ocultar esse fato aos seus alunos, pois se entende que ocupam o mesmo barco. É nesse cenário que está sendo gestado o futuro profissional, não encerrado num mundo de ficções, de manipulações e de certezas absolutas. Nessas circunstâncias, as competências são desenvolvidas e a aprendizagem torna-se, antes de tudo, um processo de aprender a aprender. É a partir de uma postura de sinceridade e de abertura que os saberes são estruturados e tornam-se uma ponte para aplicação na profissão.

O estudante precisa compreender que seu trabalho atual na sala de aula já traz as demandas e desafios que as funções futuras em sua profissão irão exigir. Portanto, a sala de aula exige compromisso com os resultados e as implicações sociais que deles emanam. Os produtos da engenharia implicam mudanças para a sociedade, interferem nos comportamentos, mudam valores e estão ligados às estruturas de poder e a interesses muitas vezes conflitantes. Um produto da engenharia deve ser baseado em conhecimentos bem fundamentados, ser tecnicamente eficiente e seguro na sua aplicação e manipulação. O processo pelo qual se chega ao produto, no entanto, segue um percurso sinuoso. Um projeto de engenharia admite uma diversidade de soluções, até chegar a um produto final. Um carro é testado inúmeras vezes antes de chegar ao mercado. Uma linha de produção está sujeita a falhas, imprecisões e alterações de procedimentos, até que alcance o resultado pretendido. O processo criativo comporta tentativas e erros, mudanças de rotas e de estratégias. As inovações existem porque um produto nunca está finalmente pronto e acabado.

Assim, as ciências exatas e as teorias são referenciais para simulações e previsões, são trilhas que apoiam o desenvolvimento de projetos, de artefatos e tecnologias, mas não garantem, por si só, a exatidão do resultado.

Uma teoria não é o conhecimento; ela permite o conhecimento. Uma teoria não é uma chegada; é a possibilidade de uma partida. Uma teoria não é uma solução; é a possibilidade de tratar um problema (MORIN, 2005, p. 335).

Nesse cenário, que inclui o processo de criatividade, é natural que os sujeitos envolvidos passem por ansiedades e até mesmo queiram desistir. Não existe, necessariamente, um caminho linear e certo no processo criativo. Quanto mais criativo, mais suor. Por isso, a sala de aula pode ser entendida também como um cenário prospectivo da realidade do mundo do trabalho. Os desvios que parecem indicar perda de tempo, os conflitos e as ansiedades, que muitas vezes se tenta evitar, devem ser integrados conscientemente como etapas e não como falhas no processo de aprender. Então, entra o papel das avaliações, dos prazos, dos resultados, das exigências de compromisso que a sala de aula precisa resguardar, pois, antes de ser uma simplificação, esse espaço deve ser um lugar que assimila e integra-se com a realidade. Esses aspectos são próprios de uma abordagem pela complexidade.

Quando se considera a prática do ensino, existe uma tendência de optar pela simplificação, pois essa postura traz mais sensação de segurança e de domínio da situação, assim como do controle do processo educacional. No entanto, uma abordagem simplificadora que desconsidera a diversidade de situações e de possibilidades relacionadas ao processo ensino-aprendizagem pode ser limitante, tanto em relação à apropriação dos conteúdos pelo estudante quanto ao desenvolvimento de competências profissionais. Nesse caso, entra o papel da metodologia, que pode tender para a simplificação ou seguir a trilha da complexidade.

O PAPEL DA METODOLOGIA

As metodologias tradicionais e comportamentais (KURI, citado por BELHOT, 1997) tendem a reproduzir um cenário simplificador, quando prevalece apenas o papel do professor como transmissor do conhecimento, aplicando a aula expositiva e a padronização no tratamento das questões de aprendizagem. No modelo tradicional, a aula expositiva é adequada para apresentar a síntese de um tema específico ou a introdução de uma teoria. Da mesma forma, o modelo comportamentalista é utilizado nas estratégias de instrução programada, de estímulo-resposta e de experimentação, tendo como referência uma orientação empírica. Essas metodologias não podem ser majoritárias no processo, pois

deixam lacunas na aprendizagem, especialmente em relação à compreensão das situações reais e aplicadas ao mundo do trabalho, além de não possibilitar o desenvolvimento de competências adequadas à formação profissional.

Existem metodologias mais apropriadas à abordagem pela complexidade que se relacionam à aprendizagem ativa. Moretto (2009) considera um conjunto de princípios fundamentados na perspectiva construtivista sociointeracionista como o modelo adequado para abordar o contexto escolar em situações complexas, e coloca o foco desse modelo no desenvolvimento de competências, cujas características mais significativas são: ênfase na pesquisa, na investigação e na solução de problemas pelo próprio estudante; foco maior no processo que no produto da aprendizagem; desenvolvimento da autonomia e do comprometimento do estudante com seu processo de aprendizagem. Assim, uma situação-problema, para ser considerada de forma adequada e próxima da realidade, implica a abordagem complexa. Essas abordagens envolvem alguns pontos fundamentais, quais sejam: a compreensão do problema deve supor uma variedade de relações e interconexões; pontos de vistas opostos precisam, muitas vezes, ser tratados no conjunto das relações; exige dos sujeitos envolvidos na ação a análise de suas concepções prévias, em interação com o contexto do problema; implicam desafios relacionados à estrutura cognitiva dos sujeitos envolvidos e podem levar a situações inteiramente novas em termos de tratamento e de soluções para o problema.

Essas metodologias que se relacionam à aprendizagem ativa incluem, principalmente, a abordagem por problema/projetos, denominada de postura híbrida, e conhecida como *Problem/Project Based Learning* (OLIVEIRA, TOZZI, ELARRAT, 2013). No presente artigo, deixando fora de discussão a distinção entre o uso dos termos projeto/problema, o interesse é destacar que, com essa metodologia, os estudantes atuam em contextos condizentes com os descritos pelos sistemas complexos. Nesse caso, as situações de ensino-aprendizagem são multifacetadas, apresentando desafios similares aos das condições reais da atividade profissional e exigem dos estudantes envolvimento com pesquisa, com análise e solução de problemas. A pesquisa, nesse caso,

é uma prática aplicada em situações diversificadas e focalizada na solução de um problema e no desenvolvimento de um projeto. O papel do professor relaciona-se ao planejamento de uma estrutura adequada para o desenvolvimento dos trabalhos junto aos estudantes. Muitas vezes, surgem questões não previstas em que o professor também atua como pesquisador.

Com relação à sala de aula em que a metodologia de aprendizagem por problemas/projetos é aplicada, surgem algumas mudanças que interferem no formato da sala, em termos de disposição dos móveis e mobilidade dos alunos, na forma de comunicação entre os alunos, envolvendo os grupos de trabalho, no atendimento dos grupos pelo professor, de modo a orientar e apresentar caminhos para tratar os problemas, no tempo para a realização das tarefas pelos alunos, tendo em vista grades horárias padronizadas.

A tentativa de integrar situações de aprendizagem com o mundo do trabalho, mediante a aplicação da metodologia de aprendizagem por problemas/projetos deve, no entanto, resguardar alguns pontos. Inicialmente, é preciso avaliar sob quais aspectos o problema/projeto possibilita simulação de situações em ambientes vivenciados no mundo do trabalho. Esse aspecto requer uma escolha criteriosa e possível de uma situação-problema bem dimensionada. É importante ainda destacar que, na empresa o objetivo do projeto é obter um produto, enquanto na escola o objetivo do projeto é propiciar um meio para a aprendizagem. Na empresa, as etapas e a hierarquia de decisão sobre o projeto, coordenados pelos engenheiros, estão relacionadas a fatores como interesse econômico e político envolvendo a experiência profissional requerida para a execução do trabalho. Na escola, o condutor do processo é o professor, atento sempre à autonomia do estudante, com foco na aprendizagem de conceitos e de fundamentos teóricos. Dessa forma, o ensino está apoiado no processo e não no produto da aprendizagem, que é a base do modelo cognitivista (BELHOT, 1997).

O professor, nesse processo, desempenha o papel de organizar e dirigir situações de aprendizagem. Situações de aprendizagem, conforme destaca Perrenoud (2000, p. 26), correspondem àquelas

que as didáticas contemporâneas encaram como *situações amplas, abertas, carregadas de sentido e de regulação*, as quais requerem um método de pesquisa, de identificação e de resolução de problemas (grifo do texto original).

Nesse caso, a aula expositiva não é garantia da eficácia da aprendizagem pelo aluno, uma vez que essa tem como base um sistema que se constitui de cima para baixo e que, muitas vezes, desconhece as representações e as situações concretas dos aprendizes. Permanece aqui a questão de Saint-Onge (citado por PERRENOUD, 2000, p. 24): “Eu, ensino, mas eles aprendem?”. Mesmo que os métodos tradicionais permaneçam válidos em diversos aspectos, eles não são suficientes como garantia de aprendizagem, numa perspectiva ampla, o que inclui a compreensão adequada dos conceitos, a aplicação das teorias em situações reais e o desenvolvimento de determinadas competências. Ou seja, colocar todo o foco da aprendizagem no desenvolvimento e abordagem dos conteúdos não é suficiente para uma aprendizagem, principalmente no modelo pedagógico em que os conteúdos são traduzidos em objetivos de aprendizagem e no qual o professor se limita a cumprir os conteúdos previstos. Nesse modelo pedagógico, o método de avaliação, como um exame escrito ou oral, pode ser a prova de que o aluno assimilou o conteúdo. No entanto, apenas para permanecer no foco da formação do engenheiro, esse aprendizado não é suficiente, ou seja, essa pedagogia não consegue abranger as situações complexas que envolvem as atividades que o profissional deverá enfrentar.

É pertinente, ainda, destacar uma questão de ordem epistemológica, ao considerar a aprendizagem por problemas/projetos e sua relação com conceitos teóricos. O desenvolvimento de um projeto e/ou a solução de um problema iniciam-se com a elaboração de questões e com a proposição de observações na linguagem de uma teoria que possibilite uma abordagem científica condizente com o contexto em estudo. Assim, para analisar um fenômeno que relacione conceitos de força, de energia, de campo eletromagnético, por exemplo, é importante uma apropriação dos termos e da linguagem teórica relacionada a esses conceitos. Essa é uma situação que requer a apropriação da teoria para orientar a observação de fenômenos ou o planejamento de

experimentos. Na concepção da ciência convencional, as “proposições de observação são sempre feitas na linguagem de alguma teoria e serão tão precisas quanto a estrutura teórica ou conceitual que utilizam” (CHALMERS, 1993, p. 54). Nesse sentido, o ensino orientado por problemas/projetos requer que o estudante tenha uma fundamentação teórica que dê sustentação à abordagem das questões que ele deve formular. O conhecimento avança na direção de uma ampliação e de um aprofundamento da teoria e dos conceitos estudados. Assim, ao estruturar atividades de ensino que envolvem desenvolvimento de projetos e análise de situação-problema, é importante considerar a integração dessas práticas com outros componentes curriculares que forneçam, paralelamente, fundamentos teóricos compatíveis com os temas em estudo, o que pode implicar, muitas vezes, a aplicação da aula expositiva convencional.

Portanto, a metodologia aplicada apresenta uma estreita relação com o processo de apropriação do conhecimento pelo estudante, o que envolve a aprendizagem de conceitos teóricos, as aplicações práticas, através de projetos ou problemas e, juntamente com esses procedimentos, o desenvolvimento de competências. Isso abre a possibilidade de aplicar tanto aulas expositivas quanto a abordagem pelo problema ou desenvolvimento de projetos, por exemplo. A diversificação de modelos metodológicos, integrados entre si, pode ser condizente com a visão da complexidade. A ideia de utilizar um único modelo pode levar a um caminho simplificador. O desenvolvimento de competências profissionais é tão essencial quanto a apropriação de conteúdos disciplinares. Daí a importância de se articular conteúdos e competências no processo de ensino-aprendizagem.

CONTEÚDOS E COMPETÊNCIAS

O foco do currículo no desenvolvimento das competências profissionais do engenheiro compromete o cumprimento dos conteúdos disciplinares? Essa questão presente nas discussões sobre ensino de engenharia citadas anteriormente já é analisada, de forma mais ampla, por Perrenoud (1999), no artigo “Construir competências é virar as costas aos saberes?”. O autor inicia sua reflexão combatendo a

visão daqueles que consideram que a missão da escola de transmitir conhecimentos fica comprometida quando o foco se volta para o desenvolvimento de competências. Argumenta que essa objeção é injustificada, uma vez que a maioria das competências mobiliza certos saberes disciplinares e remete a situações nas quais é preciso tomar decisões e resolver problemas. Argumenta, ainda, que apenas possuir conhecimentos não significa ser competente, ou seja, pode-se conhecer determinado conceito e não saber mobilizá-lo de modo pertinente em uma situação de trabalho. Defende que a transferência de conhecimentos não é eficiente, mas sim a mobilização de saberes, e que essa mobilização é exercida em situações complexas que obrigam a estabelecer o problema antes de resolvê-lo. Muitas vezes, o conhecimento é apresentado fora de qualquer contexto. Portanto, é preciso explorar as relações entre competências e programas escolares. E conclui que o papel da escola não será suficiente como uma fonte para acumular saberes, se não aprender a servir-se deles.

É pertinente, ainda, considerar alguns pontos relativos à abordagem por competências no âmbito educacional, que encontram possibilidades de aplicações através da aprendizagem por projetos. O tema competências é importado do campo empresarial e tem em vista preparar o profissional para as demandas do mercado de trabalho. Dessa forma, é prudente questionar, tendo em vista o processo educacional, até que ponto e sob quais aspectos os interesses do mundo empresarial coincidem com interesses da sociedade em geral. Esse questionamento não consiste em simples retórica, mas se volta para o papel fundamental da educação no âmbito da sociedade. É importante avaliar o que é um projeto com interesses de grupos políticos e mesmo ideológicos e o que representa um projeto de nação. É pertinente considerar a diferença entre um ensino que prepara para o mercado e um ensino que prepara para o “mundo do trabalho”. Nesse caso, o mundo do trabalho implica um contexto social que incorpora, mas também consegue avaliar os interesses econômicos e de poder. Essa seria uma das possibilidades de aplicação de uma das premissas educacionais que visam ao desenvolvimento da visão crítica na forma-

ção profissional e que incluem uma ampliação das competências profissionais.

Portanto, a pergunta volta-se para questionar qual modelo de competências deve ser adotado? Se o foco estiver na eficiência e no desempenho, o ensino volta-se para condutas práticas (modelo behaviorista). Se o foco estiver nos produtos e resultados, o ensino fica direcionado para atividades e procedimentos em detrimento dos fundamentos técnico-científicos. Em geral as diversas propostas de desenvolvimento de competências no ensino de engenharia destacam a dimensão construtiva, processual e contextual, e relacionam-se ao desenvolvimento da cultura, dos conhecimentos e dos saberes comportamentais. No entanto, num ambiente educacional, deve-se ter em mente, além dessas competências, o foco na autonomia, na emancipação, nas transformações do mundo do trabalho e também na crítica das competências requeridas e dos conteúdos (DELUIZ, 2001). Esse é um dos papéis essenciais do professor no processo.

O problema entre a abrangência de conteúdos e o desenvolvimento de competências constitui uma questão de fundo para os projetos curriculares. Ribeiro (2008), ao abordar a aplicação de PBL na educação em engenharia, destaca que um fator de frustração para alguns docentes é a impossibilidade de cumprir todos os conteúdos através da abordagem de um problema. O fator tempo é essencial no aprofundamento e na abrangência dos conceitos estudados, quando o ensino é direcionado por problema/projeto. Assim, o desempenho conceitual dos alunos que aplicam essa metodologia pode ficar defasado em comparação com os alunos que usam os métodos tradicionais. Uma vez que a metodologia de abordagem por problema/projeto não consegue cobrir integralmente os conteúdos, como consequência, surgem mais lacunas nos conhecimentos conceituais dos alunos. No entanto, o autor chama a atenção para dificuldades inerentes à pesquisa educacional, em função da intangibilidade e da simultaneidade do fenômeno educacional. Ribeiro (2008) destaca também a questão da abrangência *versus* profundidade. Há, geralmente, uma sensação de que, por meio de métodos expositivos, a aprendizagem fica mais eficiente, uma vez que uma quantidade mais ampla de conteúdos é transmitida. No

entanto, deve-se reforçar que a simples transmissão de conteúdos não garante aprendizagem.

Não se quer aqui reduzir a importância do domínio do conteúdo, mas reforçar que esse domínio deve estar relacionado ao desenvolvimento de competências que consideram as situações complexas em que a profissão se desenvolve. Para alcançar essas competências, é necessário, durante o processo de ensino-aprendizagem, ultrapassar a exposição metódica, incluindo o aluno ativamente no processo da aprendizagem, explorando a realidade das situações, integrando os conteúdos disciplinares no contexto da profissão e, dessa forma, ampliando a apropriação ativa dos saberes. Isso inclui, portanto, organizar as atividades a partir das percepções dos alunos, atentando para suas dificuldades cognitivas e partindo de suas representações prévias, para, então, incorporar novos elementos a essas representações. Sendo assim, a aprendizagem não é garantida mediante uma estocagem de informações na mente do estudante, mas deve possibilitar ao mesmo o desenvolvimento de uma compreensão do processo no qual ele se insere e ajudá-lo a transpor os desafios da aprendizagem. Esse aspecto inclui a mobilização dos alunos para compreenderem o contexto do problema sobre o qual estão atuando.

O desenvolvimento de competências, na perspectiva das práticas inovadoras, requer, portanto, o envolvimento dos alunos em atividades de pesquisa e em projetos que se relacionam às questões vinculadas à área profissional. Esse procedimento deve ir além do enfrentamento de uma situação-problema que visa, muitas vezes, a obter um resultado, mesmo que parcial e incompleto. Trata-se de um método que conduz os alunos à compreensão, se não à construção da teoria. No entanto, alguns aspectos relativos a essas metodologias inovadoras devem ser destacados. Ribeiro (2005) chama a atenção para o fato de que a inserção da PBL no currículo, muitas vezes, vem crescer um conjunto diversificado de práticas metodológicas sem uma articulação entre essas, através do projeto pedagógico do curso. O estudante convive com um conflito de métodos e de demandas e tem que se organizar individualmente para atender às exigências do curso. Além desses fatores, tanto professores quanto alunos deparam-se com o problema do tempo disponível dentro do

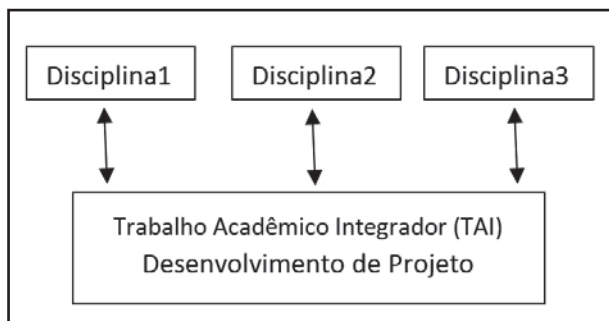
contexto escolar, aspecto esse que não tem uma solução simples. Diversos autores que discorrem sobre o tema PBL alertam que esse não é um recurso didático para resolver todos os problemas de ensino de engenharia.

Voltando-se para o currículo, Ribeiro (2008) destaca que alguns modelos que adotam a aprendizagem por projetos no ensino de engenharia apresentam um recorte transversal de currículo, aplicando-se o modelo PBL híbrido. Outros currículos adotam um modelo parcial de implantação PBL. A aprendizagem por projetos pode ser melhor aplicada quando está inserida no cerne do projeto pedagógico do curso, não se restringindo a uma iniciativa isolada de uma ou mais disciplinas. Essa busca de uma construção integrada de metodologias, que considera competências e conteúdos, é um dos pilares do projeto pedagógico do curso de Engenharia de Energia da PUC Minas, cuja síntese é apresentada a seguir.

UMA APLICAÇÃO NO ENSINO DE ENGENHARIA

O curso de Engenharia de Energia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) tem como referência pedagógica a abordagem integradora, a visão sistêmica, a inter e a transdisciplinaridade (PUC Minas, 2005). Tendo em vista essas referências, o currículo é estruturado de modo a viabilizar interação entre dois componentes curriculares principais, quais sejam, as disciplinas e os Trabalhos Acadêmicos Integradores (TAI) (Figura 1).

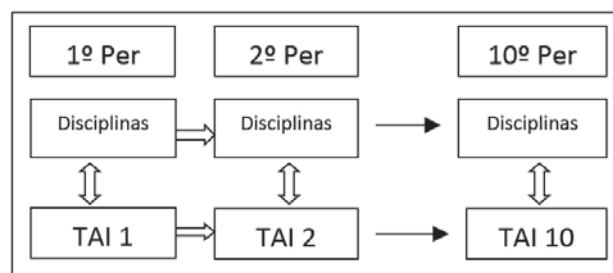
Figura 1 – Constituição típica de integração entre disciplinas e TAI em um período do curso.



As disciplinas são agrupadas por área de conhecimento e organizadas sequencialmente, ao logo

dos dez períodos do curso, contemplando os conteúdos curriculares básicos, profissionalizantes e específicos do curso. O modelo de aula inclui, além da exposição clássica de conteúdos, o uso de exemplos e de aplicações práticas, o incentivo à leitura de textos e discussões, a pesquisa complementar sobre temas tratados na sala de aula. As atividades desenvolvidas em cada disciplina devem estar sistematicamente integradas ao componente TAI. Esse modelo curricular tem uma sequência ao longo de todo o curso, do primeiro ao décimo período, sendo que o TAI é estruturado de modo a apresentar uma ampliação da complexidade do trabalho anterior, à medida que o aluno avança no curso. (Figura 2).

Figura 2 – Sequência curricular do curso com integração disciplinas/TAI.



As práticas educativas relacionadas aos TAI são desenvolvidas na forma de projetos e são organizadas de modo a interagir com os conteúdos estudados nas disciplinas. Essas atividades são realizadas por grupos de alunos, orientados por professores, geralmente mais de um professor, dependendo das áreas que os projetos abordam. O TAI 1 e o TAI 2, cujo foco é o desenvolvimento da autonomia e a preparação do estudante para aprender a trabalhar com uma postura ativa e interdisciplinar, apresentam temas diversificados, porém integrados com os conteúdos disciplinares desses períodos. A partir do TAI 3, no terceiro período, os grupos iniciam um projeto cujo foco é o suprimento energético de uma região específica, denominada de “ilha”. Essa ilha corresponde a uma região geográfica real, cujas características – população, características geográficas, recursos energéticos, demandas de energia e projeções de crescimento – são pesquisadas pelos estudantes. Os temas dos trabalhos são relacionados à área de energia e os conteúdos são apropriados aos conhecimentos estudados junto às disciplinas de cada período. A sala de aula do TAI é constituída

de computadores com sistema multimídia e mesas de reuniões para que os estudantes possam trabalhar em grupos auxiliados por professor(es) orientador(es). Os projetos desenvolvidos nos períodos posteriores ao terceiro período são, geralmente, programados de modo a ampliar e aprofundar o estudo de suprimento energético da ilha, a partir dos subsídios e conteúdos das disciplinas. Os conteúdos de algumas disciplinas são desenvolvidos tanto em sala de aula convencional quanto em laboratórios, com instrumentação prática. As aulas de laboratório, dependendo da natureza do tema, são desenvolvidas a partir das demandas do projeto trabalhado no TAI ou fornecem subsídios ao desenvolvimento desses trabalhos. Deve haver uma integração entre a teoria trabalhada na disciplina, o tema abordado no laboratório vinculado à disciplina e o projeto desenvolvido no TAI. O sistema de avaliação integra os conteúdos e conhecimentos desses componentes. Em termos de quantificação, são definidos 60% dos pontos para avaliações individuais nos conteúdos de cada disciplina e 40% para o projeto desenvolvido no TAI, definido pelos professores envolvidos no processo e discutido em conselho de classe. Há, ainda, outros componentes curriculares que são aplicados durante o curso, tais como seminários, atividades de pesquisa e extensão além do estágio curricular e TCC. O TCC é desenvolvido nos dois últimos períodos do curso, podendo contemplar um aprofundamento do TAI (anteriormente realizado) ou podendo estar vinculado a um tema específico do estágio.

Essa descrição sucinta do curso de Engenharia de Energia corresponde a uma estrutura curricular que possibilita trabalhar conteúdos e competências de uma forma integrada. Nesse modelo de estruturação – disciplinas/TAI –, os aspectos fundamentais requeridos para a formação profissional, quais sejam, o desenvolvimento de competências e a aprendizagem dos conteúdos são integrados e são passíveis de serem trabalhados, uma vez que a própria estrutura do currículo estabelece essa relação. Enquanto as disciplinas fornecem os fundamentos conceituais pertinentes ao projeto desenvolvido no TAI, as atividades e a metodologia aplicada ao TAI envolvem os estudantes com trabalho em equipe, abordagem de situação-problema, aplicação de

questões relacionadas à engenharia em situações reais, elaboração de procedimentos de pesquisa, entre outras. Trata-se de situações que viabilizam o desenvolvimento de diversas competências requeridas para o engenheiro. O estudante depara-se com o desafio de solucionar problemas demandados pelo projeto e encontra nas disciplinas em oferta no período um conjunto de recursos, de informações e conceitos que apoiam a solução desses problemas. Não raramente, alguns temas e conceitos ultrapassam aqueles ofertados pelas disciplinas no momento, fato esse que deve ser resolvido com o professor orientador do TAI. Muitas vezes, as questões que surgem na sala de aula junto ao professor de uma determinada disciplina são oriundas de questões que o projeto do TAI está fomentando. Assim, a interação disciplina/TAI é consequência da própria estrutura curricular. As disciplinas fornecem o material teórico e a linguagem que dá suporte às questões e demandas para desenvolvimento do projeto no TAI. Esse, por sua vez, suscita no estudante o interesse pelos temas abordados nas teorias e conteúdos disciplinares.

Neste tópico, não há a pretensão de explorar com detalhes os diversos aspectos pertinentes ao currículo do curso de Engenharia de Energia, mas destacar alguns pontos relacionados ao processo ensino-aprendizagem que foram abordados neste artigo e que remetem aos conceitos de complexidade. Esses pontos, que o projeto pedagógico do curso propõe alcançar, relacionam-se aos seguintes aspectos: 1) considerar o currículo como um processo que envolve complexidade, uma vez que o ensino-aprendizagem é elaborado em contextos de constante mudança, com pessoas atuando com situação-problema e trabalhando com objetos de estudo que, por si só, requerem uma visão sistêmica, como é o caso da energia num mundo globalizado; 2) possibilitar a ampla abordagem dos conteúdos disciplinares e o conhecimento de fundamentos teóricos relacionados aos temas disciplinares, permitindo que a abordagem dos problemas seja integrada com a teoria; 3) estimular o desenvolvimento de competências requeridas ao exercício profissional; 4) tratar as questões temáticas relacionadas aos projetos desenvolvidos pelos alunos visando à apropriação da linguagem teórica e de termos relativos à pro-

fissão; 5) propiciar procedimentos e metodologias que conduzam os estudantes a buscar a aprendizagem ativa; 6) estruturar os trabalhos de modo a dar continuidade e ampliação do projeto ao longo do curso, envolvendo, ainda, o planejamento para cumprimento dos prazos e a avaliação dos resultados.

Diversos aspectos têm dificultado a implementação desse modelo curricular. O primeiro é o modo como o professor se envolve com a aplicação do projeto. Mesmo que muitos estejam motivados nesse processo, há fatores que interferem, tais como o tempo de dedicação ao trabalho e disponibilidade para atendimento aos grupos. Há, também, uma tendência de manter um padrão tradicional na sala de aula, sem conseguir integrar com modelos inovadores. A coordenação do curso realiza, constantemente, reuniões com a equipe de professores promovendo discussões e avaliação da aplicação do projeto pedagógico, porém, com dificuldades de tempo e de aprofundamento nos temas. Os alunos também trazem suas expectativas e costumes com modelos padronizados de ensino e nem sempre se adaptam bem ao modo de trabalho, além das tradicionais dificuldades de operacionalização dos grupos. É fundamental que haja também o comprometimento do estudante com o seu processo de aprendizagem. A avaliação, tanto da aprendizagem dos alunos quanto do processo em si, também requer adequações e novas abordagens, de modo a incluir o desenvolvimento das competências. O planejamento das atividades no curso, envolvendo os professores, tem sido comprometido pelos fatores acima citados, especialmente pelo fato de não haver uma homogeneidade de conceitos sobre complexidade, cujos principais aspectos foram mencionados acima. A rotatividade de professores tem outro fator complicador no processo de melhoria e ampliação da metodologia do curso.

Alguns aspectos positivos, no entanto, precisam ser destacados. O curso de Engenharia de Energia encontra-se entre os melhores cursos avaliados pelos alunos da universidade. Trata-se de um dos cursos com os alunos mais satisfeitos, especialmente em função da metodologia aplicada. Existem diversos relatos de alunos declarando que o curso tem uma prática metodológica diferenciada, fato esse que torna o aprendizado mais amplo, principalmen-

te quanto à preparação para o mercado de trabalho. Em uma pesquisa realizada por Cunha *et al.* (2011), os engenheiros supervisores de estágio nas empresas em que os alunos do curso realizam estágio, indicaram que esses apresentam desempenho superior quando comparados com estagiários de outros cursos. Ainda, para concluir, os avaliadores do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), no processo de reconhecimento do curso, destacaram, em seu relatório, o diferencial positivo que a metodologia representa em relação aos métodos convencionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como anunciado inicialmente, este artigo considera o ensino de engenharia, tanto no contexto da organização curricular quanto nas práticas, compatível com os modelos descritos como sistemas complexos. Essa referência pode facilitar a compreensão dos ambientes de ensino, permitir que os atores envolvidos no processo venham a assimilar as condições inerentes ao sistema, viabilizar um entendimento e a tomada de decisões quanto à definição de objetivos de aprendizagem, orientar o planejamento das atividades e integrar os diversos componentes curriculares onde as práticas são efetivadas. Além disso, educar para uma profissão implica lidar com sujeitos em situações multifacetadas, trabalhar com temas inovadores, assumir a imprevisibilidade dos resultados e assimilar aspectos contraditórios inerentes a esses sistemas. Todos esses procedimentos são próprios dos sistemas complexos. Logicamente que, para incorporar esses elementos, é necessário um estudo aprofundado das relações entre os diversos conceitos e compreender mais detalhadamente alguns métodos específicos que podem ser apropriados do paradigma da complexidade. Mesmo considerando que os aspectos abordados neste artigo não foram profundamente tratados, os pontos citados buscaram delinear situações relacionadas às discussões sobre ensino de engenharia que podem ser analisadas à luz da teoria da complexidade. Assim, quando se trata do ambiente sala de aula, os conflitos e os problemas devem ser incorporados como parte e não como falhas do processo. As metodologias aplicadas podem ser avaliadas em função do objetivo que pretendem atingir, tanto do pon-

to de vista da aprendizagem de conteúdos quando do desenvolvimento de competências. Deve-se considerar que a complexidade inclui o simples. Portanto, pode-se promover a utilização de uma diversidade de métodos, porém, integrados no projeto curricular e visando a uma interação entre os diversos componentes, o que significa, na prática, aplicar a interdisciplinaridade. Quando se trata de conteúdos, competências e objetivos de aprendizagem, é pertinente integrar e não isolar esses elementos como se fossem concorrentes ou suscetíveis de serem destacados em grupos de controle e medidos separadamente. Assim, o currículo pode ser planejado de modo a viabilizar a implantação desses aspectos de forma integrada, evitando-se a fragmentação e o acúmulo de diversos métodos e de atividades desconectadas entre si. Quando há uma fragmentação, o estudante fica submetido a um amontoado de demandas e o mesmo passa a ver seu curso como um sistema de barreiras a serem vencidas, e não um processo organizado de trabalho que viabilize sua aprendizagem.

Em síntese, e especialmente no caso do presente artigo, considera-se que a preparação de um profissional no campo da engenharia pode ser compreendida como um processo que envolve complexidade. Dessa forma, o ensino comporta uma teia de relações entre diversos elementos, tais como a não compartimentalização do saber, a necessidade de considerar o acaso, assim como a organização, no processo de aprendizagem, a visão do planejamento do ensino sempre pronto para alterar seus rumos, a contextualização do ensino no sistema mais amplo, o que significa relacionar ciência, tecnologia e sociedade. Finalmente, e não menos importante, deve-se destacar o lugar e o papel dos sujeitos envolvidos – estudantes e educadores –, que mudam continuamente durante o processo de ensinar-aprender.

REFERÊNCIAS

- BELHOT, R. Vairo. **Reflexões e propostas sobre o “ensinar engenharia” para o século XXI**. São Carlos: Escola de Engenharia USP, 1997 (Tese Livre Docência).
- BRASIL. CNE/CES 11, de 11 de março de 2002, institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, 9 de abril de 2002. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2002.
- CHALMERS, Alan. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CUNHA, Flávio M. *et al.* Perfil ocupacional dos alunos estagiários do curso de Engenharia de Energia da PUC Minas. In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, **Anais**. Blumenau, 3 a 6 de out. 2011.
- DELUIZ, Neide. O modelo das competências profissionais no mundo do trabalho e na educação: implicações para o currículo. **Boletim Técnico do Senac**. Rio de Janeiro: Ed. SENAC Nacional, v. 27, n. 3, p. 13-25, set./dez. 2001.
- DEMO, Pedro. **Conhecer e aprender: sabedoria dos limites e desafios**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.
- GELL-MANN, Murray. **O quark e o jaguar: aventuras no simples e no complexo**. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.
- KURL, N. P. **Abordagens do processo ensino-aprendizagem**. São Carlos: Centro de Tecnologia Educacional para Engenharia – CETEPE, 1993.
- MORETTO, Vasco P. **Planejamento: planejando a educação para o desenvolvimento de competências**. Petrópolis: Vozes, 2009.
- MORIN, Edgar. Por uma reforma do pensamento. In: PENA-VEGA, Alfredo; NASCIMENTO, Elimar P. do (Org.). **O pensar complexo: Edgar Morin e a crise da modernidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 1999, p. 21-34.
- MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez, UNESCO, 2002.
- MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2006.
- NUSSENZVEIG, Moysés. **Complexidade e caos**. Rio de Janeiro: Ed UFRJ/Copea, 2008.
- OLIVEIRA, Vanderli F. de; TOZZI, Marcos J.; ELARRAT, José Hélio A. (Org.). **Desafios da educação em engenharia: formação em engenharia, internacionalização, experiências metodológicas e proposições**. Brasília, DF: ABENGE, 2013.
- OLIVEIRA, Vanderli F. *et al.* (Org.). **Desafios da educação em engenharia: vocação, formação, exercício profissional, experiências metodológicas e proposições**. Brasília, DF: ABENGE; Blumenau: EdiFURB, 2012.
- PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

PERRENOUD. **Construir competências é virar as costas aos saberes?** Disponível em: <<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php1999.html>>. Acesso em: 27 fev. 2014. (Publicado originalmente em **Résonances, Mensuel de l'école valaisanne**, n. 3, Dossier Savoirs et compétences, november 1998, p. 3).

PUC Minas. **Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Energia**. Belo Horizonte, 2005.

RIBEIRO, L. R. C. **A aprendizagem baseada em problema: uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores**. (Tese Doutorado). São Carlos: UFS-Car, 2005.

RIBEIRO, L. R. C. Aprendizagem baseada em problemas na educação em engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**. Brasília, DF: ABENGE, v. 27, n. 2, p. 23-32, jul./dez. 2008.

TONINI, Adriana. **Ensino de engenharia: as atividades acadêmicas complementares na formação do engenheiro**. (Tese de Doutorado). Belo Horizonte: UFMG, 2007.

DADOS DO AUTOR



Flávio Macedo Cunha, formado em Engenharia Elétrica, pela UFMG (1980) e em Filosofia, pela PUC Minas (2002). Mestre em Educação Tecnológica. Professor da PUC Minas e do CEFET-MG.