

EPISTEMOLOGIA E ENSINO DE ENGENHARIA

Irlan von Linsingen

UFSC, CTC, EMC, Florianópolis, SC, 88.040-900, linsingen@emc.ufsc.br

Luiz Teixeira do Vale Pereira

UFSC, CTC, EMC, Florianópolis, SC, 88.040-900, teixeira@emc.ufsc.br

Walter Antonio Bazzo

UFSC, CTC, EMC, Florianópolis, SC, 88.040-900, wbazzo@emc.ufsc.br

Resumo. Realizamos neste trabalho uma breve síntese de teorias que tratam da constituição do conhecimento. Abordamos as compreensões empirista, apriorista e construtivista. Objetivamos com isso embasar reflexões, algumas delas aqui empreendidas, a respeito da maneira como no ensino de engenharia brasileiro este tema é tratado. Buscamos aclarar esta questão fundante de processos que tenham compromissos de conhecer suas próprias especificidades e seu lugar no espaço social. Firmamos o entendimento de que uma compreensão mínima destas questões é essencial na formação e ação docente, e que, para que desempenhemos a função de educadores com mais clareza, devemos nos situar teoricamente e saber que linha epistemológica adotamos como referência nas nossas ações. Um ponto importante abordado no artigo diz respeito à compreensão de que a prática dominante no ensino de engenharia está centrada na aceitação acrítica de uma determinada postura filosófica: o positivismo. Segundo o que registramos, a assunção praticamente incondicional desta prática hegemônica estaria interpondo obstáculos pedagógicos de difícil superação. Mais que uma crítica a este quadro, neste artigo procuramos traduzir para atores do meio técnico uma síntese do pensamento epistemológico que embasa as principais teorias do conhecimento hoje acordadas.

1. INTENÇÕES DO ARTIGO

Um alerta de Bachelard pode servir de mote para a introdução do assunto: ‘Acho surpreendente que os professores de ciências, mais ainda que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. [...] Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto.’ (Bachelard, 1996, p. 23).

Bachelard, um filósofo francês bastante conceituado no meio acadêmico, não analisou o ensino de engenharia, mas muitos dos seus pensamentos podem ser nele aproveitados com precisão surpreendente. Entretanto, não é exatamente isso que faremos. Aproveitamos apenas seu alerta para demonstrar a necessidade de introduzirmos, nesta área, reflexões sobre a nossa prática docente.

Como não objetivamos com este trabalho encetar uma análise crítica do ensino de engenharia, mas oferecer elementos para que se possa pensá-lo sob novos enfoques, vamos direto ao ponto, sem argumentar as premissas: o processo educativo em engenharia dá-se de forma acrítica, sendo engendrado por uma filosofia que extrapola um nível de compreen-

são mais imediato. Todo este processo dá-se, em linhas gerais, sob o amparo do positivismo, que permeia tanto a profissão quanto o seu ensino.

Estas premissas, que servem de fundo para justificar e nortear as abordagens epistemológicas aqui registradas, são inferidas em função de nossos estudos na área da educação e de nossas vivências como professores de engenharia. Imaginamos, num primeiro momento, que elas amparem as inferências aqui feitas e respaldem a necessidade das abordagens aqui sugeridas. Num segundo momento, imaginamos que essa experiência possa instigar novas e mais profundas análises deste ensino.

Quando endossamos o alerta (ou lamento) de Bachelard, esperamos estar pontuando um dos principais problemas do ensino de engenharia: a (falta de) formação de professores em relação aos aspectos epistemológicos. Escorados na idéia de que teríamos chances reais de praticar um ensino de engenharia efetivamente transformador se cuidássemos dessa demanda é que escrevemos este artigo.

2. UMA COMPREENSÃO DA EPISTEMOLOGIA

‘Por epistemologia, no sentido bem amplo do termo, podemos considerar o estudo metódico e reflexivo do saber, de sua organização, de sua formação, de seu desenvolvimento, de seu funcionamento e de seus produtos intelectuais’ (Japiassú, 1993). Este é um termo recente, tendo aparecido no vocabulário filosófico a partir do século 19. Etimologicamente, epistemologia significa discurso (*logos*) sobre a ciência (*episteme*). É assim que, segundo registrado no *Dicionário Aurélio*, e em tantos outros, epistemologia significa o ‘estudo crítico dos princípios, hipóteses e resultados das ciências já constituídas, e que visa a determinar os fundamentos lógicos, o valor e o alcance objetivo delas’. Boaventura de Souza Santos registra uma profusão de definições, ou variações delas, para este termo (Santos, 1989).

Num entendimento tradicional, epistemologia é um ramo especial da filosofia, ocupando-se em situar o lugar do conhecimento científico, em estabelecer os seus limites e em definir a natureza da ciência. Em função de novas compreensões sobre como se daria o conhecimento, que passou a ser amplamente considerado como um processo, e não mais como um produto a ser transmitido e adquirido, hoje podemos dizer que conhecemos quando passamos de um conhecimento menor para um conhecimento maior. Dessa forma, a tarefa da epistemologia passou a ser, hoje, entender este processo e analisar a sua estruturação. Quer dizer, é função da epistemologia ‘submeter a prática dos cientistas a uma reflexão que [...] toma por objeto [...] as ciências em vias de se fazerem, em seu processo de gênese, de formação e de estruturação progressiva.’ (Japiassú, 1993).

Adotamos aqui uma compreensão de epistemologia como sendo o estudo do conhecimento, ou do saber. Ou seja, em essência, a preocupação epistemológica diz respeito ao modo como um novo conhecimento é possível considerando estados prévios de conhecimento. Por processo de conhecimento, ou simplesmente *conhecimento*, entendemos uma interação específica do sujeito que conhece e do objeto do conhecimento, tendo como resultado os produtos mentais que chamamos de conhecimento ou saber.

3. VISÕES EPISTEMOLÓGICAS (E PEDAGÓGICAS)

Segundo o entendimento corrente entre os estudiosos da área, três são os elementos básicos que aparecem nos estudos sobre o ato de conhecer: o sujeito que conhece (S), o objeto do conhecimento (O) e o conhecimento como produto do processo cognitivo (C). Por cognição podemos entender o ato de conhecer, a aquisição de um conhecimento.

Também são três os modelos teóricos que mais corriqueiramente representam as relações entre estes três elementos básicos: empirismo, apriorismo e construtivismo. Estas desi-

gnações são escoradas na terminologia empregada por Becker (1995). Segundo leituras deste mesmo autor, transportando a questão do conhecimento para a prática de sala de aula, tendo em vista as relações pedagógicas, três movimentos de polarização surgiriam ‘espontaneamente’ desses modelos.

No primeiro caso, teríamos uma pedagogia centrada no professor, que valoriza as relações hierárquicas, que entende o ensino como transmissão de conhecimento de um *ditador* para um ser subserviente, sendo este último uma *tábula rasa* – no dizer de Paulo Freire – a ser impressa pelo primeiro. No segundo caso, aparece uma pedagogia centrada no aluno, que procura afastar do professor a polarização do processo, mas que acaba por atribuir ao aluno qualidades que ele não possui. No terceiro caso, teria lugar uma pedagogia centrada na relação entre os elementos do processo, e esta relação dissolveria a importância individual absoluta de cada um deles através de uma dialetização.

É importante notar que pelo menos duas questões básicas se entranham na nossa linha argumentativa. Em primeiro lugar, denuncia-se nesta lógica que, ao endossarmos inclusive alguma crítica velada que se esconde por detrás da classificação acima registrada, já deixamos extravasar também a linha preferencial que nos norteia. Com isto, denunciemos o fato da difícil contestação do caráter direcionador de uma opção filosófica. Em segundo lugar, lembramos um pressuposto implícito assumido: o de que as relações com as quais procuramos entender como se daria o conhecimento científico seriam também adequadas para entender as relações pedagógicas. Em poucas palavras, esta compreensão tem sido assumida, às vezes tacitamente, de forma ampla e irrestrita. Neste artigo, elas são reproduzidas.

3.1 EMPIRISMO

Empiristas são os que acreditam que o conhecimento seja uma resposta do meio ambiente, e não depende do sujeito; o conhecimento se daria de fora para dentro. Os estímulos externos seriam captados através da mediação dos órgãos dos sentidos, sendo portanto sempre fruto de fenômenos que sensibilizam o sujeito. O conhecimento, vindo do mundo do objeto (meio físico ou social), emitiria a realidade para o sujeito, que apenas a refletiria; o indivíduo, portanto, seria algo como um espelho. Segundo este modelo, o sujeito não nasceria inteligente, e é tido como neutro, passivo e contemplativo, sendo apenas influenciado e moldado pelas verdades que emanam do objeto, e que se apresentam a ele. Sendo o sujeito neutro, o objeto seria o comandante supremo da sua ação. Assim, para um empirista, o conhecimento se dá por força dos sentidos, sendo a experiência algo que se impõe por si mesmo. O desenvolvimento da inteligência estaria nos estímulos externos, e não no próprio indivíduo.

Na prática pedagógica, esta visão se reflete na relação professor-aluno fazendo com que o primeiro seja entendido como o detentor do conhecimento, e que atua no sentido de ‘encher a cabeça do aluno’, que é considerado como um ‘vasilhame vazio’ que precisa ser abastecido (a *tábula rasa* a ser impressa). No ensino que assume esse modelo, o professor é encarado como o elemento da ação, e o aluno, como o produto a ser trabalhado.

Poderíamos resumir assim este modelo: o sujeito do conhecimento (o aluno) apenas reflete o que lhe chega do objeto (o professor) através dos sentidos; o objeto é a fonte do conhecimento; o sujeito é passivo, neutro, contemplativo, receptivo; o objeto envia uma ação mecânica – *por isso esse modelo também é denominado de mecanicista* – a ser captada por algum órgão dos sentidos do sujeito; $O \Rightarrow S$.

3.2 APRIORISMO

São aprioristas aqueles que imaginam que as possibilidades de conhecimento estão descritas na bagagem hereditária do sujeito, seja de forma inata, seja fruto de um processo

de maturação. O indivíduo traria consigo, já determinadas, possibilidades de conhecimento e de aprendizagem que se manifestariam sob estímulos externos ou de forma imediata (inatismo) ou então de forma progressiva. O desenvolvimento intelectual seria determinado pelo indivíduo, e não pelo meio; ele aconteceria de dentro para fora. Desta forma, este modelo, também conhecido com *racionalista*, imagina que cada indivíduo tem potencialidades próprias que determinariam como ele percebe a realidade, o que, grosso modo, independeria dos estímulos externos.

Nas palavras de Becker (1995), sob esta perspectiva supomos ‘que nosso cérebro, mediante nosso olhar (ou mediante a estrutura perceptiva), [...] [jogue] um fluido sobre um objeto qualquer e dele [...] [retire] um holograma, ao sugar de volta este fluido’.

Neste modelo de pensamento, o sujeito é visto como um elemento predominantemente atuante, comandando individual e aprioristicamente as suas ações. O objeto é entendido como neutro, sendo apercebido como produção do sujeito. O objeto apenas sofre a ação do sujeito, é estudado e entendido por ele, sendo estático em sua essência. Cabe ao indivíduo criar a realidade corretamente, modificá-la talvez, construindo algo absoluto. Neste entendimento de relação, de cunho idealista, chega-se a contestar a existência de um fato, que não passaria de pura imaginação, cuja concretude nada mais seria do que fruto da reflexão do sujeito.

Numa relação pedagógica sob este enfoque, num caso limite, pensa-se que a interação professor-aluno transforma, no momento de ensino-aprendizagem, o segundo elemento no comandante supremo da ação que, com sua espontaneidade, organizaria os ritmos, os interesses e os níveis do processo.

Poderíamos sintetizar este modelo da seguinte forma: toda verdade é proveniente do sujeito que conhece, sendo o objeto considerado neutro; a atenção está centrada no sujeito, a quem se atribui um papel absoluto na criação da realidade; $S \Rightarrow O$.

3.3 CONSTRUTIVISMO

Num terceiro modelo, identificado como interacionista, ou construtivista, a relação sujeito-objeto é vista como um processo de interação mútua; nenhum dos dois é neutro, e a ponte de ligação entre eles é a inter-relação, que é acionada pela ação, atuando um sobre o outro. Este modelo estabelece-se sob uma forte dialogicidade, sob um construtivismo mútuo que empresta papéis de agentes ativos a ambos elementos do ato relacional. Professor-aluno, engenheiro-cliente, indivíduo-sociedade, pesquisador-fato são pratos de uma mesma balança, que só mantém o equilíbrio pela inter-relação entre os seus elementos. O sujeito não nasceria inteligente, mas também não depende totalmente do meio para desenvolver-se. Ele interage com o meio, respondendo a estímulos externos, observando, organizando e construindo o conhecimento. Neste caso, imagina-se que, a partir do erro, pode-se construir o conhecimento num processo interagente.

No processo de ensino-aprendizagem, cabe neste modelo a interpretação de mútua construção, entre professor e aluno, ou mestre e aprendiz, ou educador e educando, onde o primeiro também aprende no decorrer da ação, e o segundo aprende para si e também participa do crescimento do professor. Reconhecido o aluno como não neutro, e mais, como detentor de uma história pregressa, da qual se encontra pleno, história esta que foi haurida em construções baseadas em experiências próprias, este indivíduo passa a ser ativo em todos os processos de que participa. É neste papel que o presente texto majoritariamente se detém, cuja tese principal tem seu fulcro justamente na indissociabilidade da ação do engenheiro na sociedade tendo em vista o seu papel interativo na construção da própria história.

De forma resumida, este modelo pode ser assim caracterizado: sujeito e objeto interagem mutuamente; nem sujeito nem objeto são neutros; $S \Leftrightarrow O$.

4. REFLEXOS PEDAGÓGICOS

O empirismo ($O \Rightarrow S$) tem dado sustentação a uma tradição de ensino que privilegia uma prática que considera o aluno – *no papel de sujeito do conhecimento* – como neutro e destituído de história. Mas o aluno não chega à sala de aula com a cabeça vazia. No pensamento de Bachelard (*in* Lecourt, 1983, p. 150), os professores ‘não meditaram sobre o fato de que o [...] [aluno] chega na aula [...] possuidor de conhecimentos empíricos já constituídos: trata-se, então, não de adquirir uma cultura experimental, mas de mudar de cultura experimental, de inverter os obstáculos já antepostos pela vida cotidiana’. Entretanto, neste modelo, em sala de aula, o professor passa a atuar como o agente da ação, monopolizando este espaço, e irá tentar ‘imprimir’ os seus conhecimentos nas ‘ainda vazias’ cabeças dos alunos.

Com base empirista, tem-se um sistema de ensino que poderia ser assim sintetizado:

- a) *método*: repasse de informações, pelo professor, ao aluno passivo;
- b) *objetivo*: o aluno deverá reproduzir o que lhe foi repassado, sendo avaliado em função da precisão e da qualidade dessa sua reprodução;
- c) *efeitos*: os erros são punidos com descontos de nota; a aprendizagem é meticulosamente quantificada; o fracasso escolar é culpa do aluno, que não estaria suficientemente aparelhado, física ou mentalmente, para acompanhar as lições, ou da falta de recursos materiais na instituição escolar;
- d) *funções*: o aluno é o depositário das informações; o professor é o detentor e transmissor dos conhecimentos; a escola é o local de reprodução do saber.

No modelo apriorista ($S \Rightarrow O$), as funções se invertem. O professor passa a ser basicamente um animador do ambiente de sala de aula, e os alunos passam a monopolizar o centro das atenções. Num caso limite, eles definem inclusive os ritmos e conteúdos do que fazer em cada momento. Em linhas gerais, o ensino baseado nesse modelo epistemológico pode ser assim resumido:

- a) *método*: o aluno está livre para desenvolver suas potencialidades, sob acompanhamento do professor;
- b) *objetivo*: permitir o crescimento espontâneo dos alunos, dando oportunidade para que suas bagagens inatas manifestem-se e floresçam;
- c) *efeitos*: redução da importância do professor; os conteúdos curriculares também deixam de ser importantes;
- d) *funções*: o aluno é o centro das atenções; o professor monitora as ações; a escola é um espaço onde são estimuladas as potencialidades individuais.

O modelo construtivista ($S \Leftrightarrow O$), ou interacionista, que constitui tendência contemporânea no ensino, pode ser assim representado:

- a) *método*: contextualização do conhecimento a ser construído com o aluno;
- b) *objetivo*: provocar perturbações nas construções mentais que o aluno já possui, instigando-o a construir e internalizar novos conhecimentos;
- c) *efeitos*: o erro é considerado como experiência, e indica o estágio em que se encontra o aluno;
- d) *funções*: o aluno é considerado um ser pensante, com história pregressa e com um universo mental prévio já internalizado; o professor é orientador e co-partícipe da construção do novo, provocando as perturbações que farão o aluno reestruturar o seu universo pessoal; a escola é um espaço que ajuda a integrar o aluno à sociedade e à cultura.

5. ENSINO DE ENGENHARIA, UMA VISÃO

Pretender que ocorra uma mudança radical de postura pedagógica ante a simples descoberta de que nos norteamos majoritariamente por uma determinada visão epistemológica é utopia. Querer sacrificar uma delas, culpando-a por erros que estariam sendo cometidos em determinadas ações, também não há de ser correto, nem conveniente. De pronto, registramos uma aposta de que, na prática, todos nós havemos de transitar entre as diversas concepções em conformidade com o momento e com o objeto de nosso trabalho. Um entendimento desse tipo é externado em Bazzo (1998), quando se refere a uma epistemologia ponderalista. Isso é corroborado, de certa forma, por Becker (1993), quando investiga a epistemologia do professor, concluindo que, em várias ocasiões, os professores analisados transitam entre uma e outra concepção.

Mais do que pretender uma mudança de perspectiva epistemológica, imaginamos que uma conscientização delas seja importante para uma ação docente transformadora que é, senão subordinada, ao menos altamente influenciada por reflexões sobre questões como essa.

Aliás, com relação a isso, vale aqui mais uma citação de Bachelard (1996, p. 24). Diz ele: ‘No decurso de minha longa e variada carreira, nunca vi um educador mudar de método pedagógico’. É possível que tal observação cause forte reação contrária em termos de acolhimento. Mas o que está em causa aqui não é uma opção maniqueísta entre o certo e o errado, e sim uma necessária catarse de nossa prática, para que possamos exercer um papel docente transformador. É nos enxergarmos como educadores, e não apenas como funcionários do ensino. É cumprir programas e ir mais além: manter com os alunos relações que visem o crescimento intelectual de ambos para uma efetiva participação na civilização.

Mario Bunge (1980) diz que filosofia e tecnologia são dois vizinhos que se desconhecem. Afirma ele que, a julgar pela cultura filosófica da maioria dos tecnólogos, a filosofia não pode mesmo interessá-los. Algo parecido se dá também com os filósofos que, pelo desinteresse e mesmo descrédito que emprestam à tecnologia, não podem por ela se encantar. Nós engenheiros, e talvez principalmente nós engenheiros-professores, colaboramos bastante com este quadro denunciado por Bunge. De acordo com o nosso entendimento, esta postura pode ser fruto das origens positivistas da engenharia, em especial a brasileira. Só admitindo as verdades positivas demonstradas por meio do método experimental, ou seja, as ‘verdades científicas’, e excluindo qualquer possibilidade de conhecimento por meio metafísico, esta visão filosófica contribuiria para um maior fechamento da profissão, corroborando o quadro desenhado por Bunge.

Talvez, com o tempo, estejamos esquecendo que ‘a escolha, consciente ou não, de um desses modelos implica conseqüências importantes para a atitude científica ou pedagógica. Como considerar o objeto de investigação? Fazer ciência é tentar descobrir os segredos da natureza? Desenvolver tecnologia é aplicar tecnicamente uma invenção humana? Quais os papéis desempenhados pelo professor e pelo aluno no processo de ensino-aprendizagem? Como se alcança o conhecimento? O professor repassa para o aluno as suas experiências?’ (Pereira & Bazzo, 1997).

Adam Schaff (1995) nos ajuda nesta lógica, quando denuncia que, ‘quer os historiadores – *como de resto os representantes das outras disciplinas* – tenham disso consciência ou não, quer reconheçam ou não a função da filosofia na sua disciplina, os seus pontos de vista sobre o processo do conhecimento e, portanto, sobre o problema da verdade têm a sua origem na filosofia. Mais ainda: são impostos pelas idéias filosóficas mais divulgadas [...]’ (p. 71).

É possível que a falta de formação específica para a docência nos tenha transformado em indivíduos arredios a novidades, quando o assunto é ensino. Nossa bagagem positivista

nos entrincheira nas nossas certezas científicas, e nossa diletta preferência pelo empirismo nos serve de subterfúgio para um afastamento abismal das questões pedagógicas. Aliás, segundo Bachelard (1996, p. 24), ‘um educador não tem o sentido do fracasso precisamente porque se crê um mestre. Quem ensina, manda’. Mas se quisermos mesmo mudar o ensino de engenharia que hoje fazemos, uma coisa é certa: temos de mudar de referencial.

6. BIBLIOGRAFIA

- BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro : Contraponto 1996.
- BAZZO, Walter Antonio. *CTS e o contexto da educação tecnológica*. Florianópolis : Ed. da UFSC, 1998.
- BECKER, Fernando. *Epistemologia do professor*. 3.ed. Petrópolis : Vozes, 1993.
- BUNGE, Mario. *Epistemologia : curso de atualização*. São Paulo : Ed. da USP, 1980.
- JAPIASSÚ, Hilton. *Para ler Bachelard*. Rio de Janeiro : Francisco Alves, 1976.
- JAPIASSÚ, Hilton. *Introdução ao pensamento epistemológico.*, Rio de Janeiro : Francisco Alves, 1993.
- LECOURT, Dominique. *Gaston Bachelard : epistemologia – trechos escolhidos*. 2.ed. Rio de Janeiro : Zahar, 1983.
- PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale, BAZZO, Walter Antonio. *Ensino de engenharia, na busca do seu aprimoramento*. Florianópolis : Ed. da UFSC, 1997.
- SANTOS, Boaventura de Souza. *Introdução a uma Ciência Pós-moderna*. Rio de Janeiro : Graal, 1989.
- SCHAFF, Adam. *História e verdade*. São Paulo : Martins Fontes, 1995.