

# EPISTEMOLOGIA E PEDAGOGIA NA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM: UM OLHAR SOBRE A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

**Luciano Andreatta da Costa<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Centro Universitário Metodista do IPA, Unidade DC Navegantes, Coordenador do curso de Engenharia Civil  
Av. Frederico Mentz, 1606  
90000 – Porto Alegre – RS  
Luciano.costa@metodistasul.edu.br

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Pró-Reitoria de Ensino, Núcleo de Educação a Distância  
Av. Sete de Setembro, 1156  
CEP : 90000 , Porto Alegre, RS  
luciano@uergs.edu.br

**Resumo:** *Este artigo procura aprofundar a questão da avaliação da aprendizagem em cursos de engenharia a partir dos seus fundamentos epistemológicos e didático-pedagógicos. A partir de entrevistas realizadas com professores de cursos de engenharia de diferentes disciplinas e de resultados de uma tese de doutorado que tratou deste tema, são delineadas algumas estratégias que podem contribuir para que seja superada a inércia que se observa nas discussões sobre avaliação da aprendizagem, em especial em cursos de engenharia.*

**Palavras-chave:** *Avaliação da aprendizagem; Educação em Engenharia; Construtivismo; Epistemologia Genética.*

## 1. INTRODUÇÃO

A avaliação da aprendizagem é um tema recorrente nas discussões pedagógicas, e, via de regra, as práticas pedagógicas decorrentes destas discussões não costumam sofrer profundas transformações. O que ocorre, em muitos casos, é a mudança de alguns procedimentos formais no processo de avaliação, sem que haja uma alteração significativa na concepção pedagógica. Lembro de uma experiência que vivenciei ainda da docência da disciplina de Matemática no Ensino Fundamental, quando foi solicitado aos professores que expressassem de forma mais qualitativa os resultados dos alunos. Criaram-se então três requisitos padronizados a serem dados para cada aluno em cada disciplina, sendo que para cada um desses requisitos, o professor deveria atribuir um conceito entre três possíveis, diferentes daqueles que eram expressos no boletim, que continuava a ser utilizado. O que ocorreu, na prática, é que para cada nível de conceito aplicado ao boletim, havia uma combinação de conceitos possíveis a serem aplicados para cada um dos três requisitos. Por exemplo, um conceito “ótimo” no boletim significava três conceitos máximos nos requisitos. Um conceito “bom” no boletim significa dois conceitos máximos e um intermediário nos requisitos. E assim sucessivamente. Ou seja, não houve nenhuma mudança de concepção no que foi proposto, gerando-se um procedimento burocrático a mais para os professores, o que acaba por afastá-los de uma nova discussão pedagógica. Na verdade, não houve uma verdadeira discussão conceitual sobre a avaliação da aprendizagem. Para que possamos

construir alternativas concretas, é necessário que iniciemos uma profunda reflexão teórica, que vai estar fortemente relacionada com aspectos epistemológicos e didático-pedagógicos. Precisamos superar as discussões que se limitam, por exemplo, a justificar aulas expositivas em contextos construtivistas. Becker (2006), ao ser questionado sobre aulas expositivas e as sua relação com a pedagogia empirista, deixa claro que se deve evitar este ecletismo, considerando que devemos avançar nestas questões. O autor afirma:

*Construtivismo na escola não significa eliminar a aula expositiva, mas transformar, por diversos meios, o tempo de aula em tempo de inventividade, de enfrentamento de desafios, de reconstrução de conhecimentos – para assimilar os conhecimentos ensinados pelo professor os alunos terão de reconstruí-los” (p. 130)*

Ou seja, o autor sinaliza possibilidades de avanço em sua fala, deixando de se focar exclusivamente uma ou outra estratégia pedagógica, e tratando efetivamente de aspectos epistemológicos, que estão nos fundamentos de qualquer estratégia didático-pedagógica proposta.

É importante destacar que este texto procura levar em conta aspectos peculiares da educação em engenharia, o que exigirá um olhar mais específico para esta área de conhecimento, bem como a consideração de aspectos históricos e culturais da engenharia.

## **2. A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E A QUESTÃO EPISTEMOLÓGICA**

A Epistemologia, quando entendida a partir da sua relação com a evolução histórica do conhecimento científico, ressignifica a ciência e a tecnologia (ver Bunge, 1980 ; Kuhn, 2001) e a Engenharia. Quando se começa a entender como se construíram as primeiras tecnologias e de que forma que elas evoluíram ao longo do tempo, começa-se a visualizar o verdadeiro sentido da formação em engenharia. Antes de se começar a aprofundar esta questão, é inevitável que se faça uma análise de como estes assuntos são trabalhados nos cursos de engenharia e tecnologia. Por exemplo, a quase inexistência do estudo da história da técnica e da tecnologia nos currículos dos cursos de engenharia e áreas afins. Ao se analisar o histórico dos temas tratados no COBENGE - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, encontramos em torno de 60 diferentes temáticas, em um levantamento feito de 1999 até 2005. Deste total, nenhum trata de assuntos relacionados diretamente com a história da Engenharia. Considerando o fato deste congresso representar um dos poucos espaços para que assuntos não hegemônicos da pesquisa em Engenharia possam ser tratados, mais sintomática ainda se torna a não presença de assuntos relacionados à história da tecnologia. Este fato certamente é uma consequência do desinteresse que a Engenharia tem pela sua própria história Segundo Bazzo & Pereira (2006), a história da engenharia se confunde com a própria história da humanidade, fato que vai ao encontro da necessidade de se trabalhar essa história em cursos de engenharia. Será este um tema que deva ser tratado única e exclusivamente por historiadores? Se estamos falando na formação de um engenheiro, um profissional que precisará aliar conhecimento técnico e criatividade, firmeza e flexibilidade, responsabilidade e espírito empreendedor, constata-se que grande parte destas características necessárias exigirão certamente mais do que conhecimento essencialmente técnico. Carvalho-da-Costa (2005) constata que esta falta de comprometimento da Engenharia com questão não essencialmente técnica tem contribuído para a perda de status da Engenharia ao longo das últimas décadas. O autor mostra exemplos de participação das entidades de classe do Direito e da Medicina em questões estruturantes da realidade brasileira. Entre elas, a recente participação da OAB – Ordem dos Advogados do Brasil nos debates acerca das propostas de reforma política, bem

como a presença da OAB e dos Conselhos Federais de Medicina na autorização e reconhecimento dos seus respectivos cursos. Observa-se que, das três grandes profissões do início do século XX – Engenharia, Medicina e o Direito – apenas as duas últimas tem procurado manter seus espaços e sua importância na sociedade. Questões de interesse das áreas tecnológicas, em especial da Engenharia, como o sucateamento da malha ferroviária brasileira bem e a carência de infra-estrutura no país não são suficientes para promover um envolvimento político da Engenharia em prol dessas demandas. Abaixo, algumas competências e habilidades necessárias ao Engenheiro (Bazzo & Pereira, 2006, p. 89):

- Aplicar conhecimentos científicos, matemáticos, tecnológicos e instrumentais;
- Conceber, projetar e analisar sistemas, projetos e produtos;
- Identificar, formular e resolver problemas;
- Assumir uma postura de permanente atualização profissional;
- Comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
- Avaliar a viabilidade econômica de projetos;
- Trabalhar com ética e responsabilidade profissional.

Assim, a epistemologia entendida a partir da sistematização histórica do conhecimento científico (Franco, 1997), traz importantes subsídios para o educador em Engenharia, pois, segundo o autor, pode-se pensar a construção do conhecimento no estudante a partir de uma reconstrução do que foi construído pela humanidade ao longo da evolução tecnológica. Mas em que sentido, os aspectos relacionados à história da tecnologia podem contribuir para uma reflexão acerca da avaliação da aprendizagem no ensino de engenharia? Costa (2004) apresenta o caso desta evolução a partir dos conceitos da engenharia estrutural a partir da análise da evolução da construção de pontes. Este estudo inicia com os etruscos e romanos, a partir de vigas simplesmente apoiadas, até o estado atual, onde se tem pontes nas mais diversas tecnologias. Esta pesquisa mostrou, baseando-se em Franco (1997), o quanto o resgate de aspectos históricos, como, por exemplo, os primeiros projetos de Leonardo da Vinci ou as inferências iniciais de Galileu Galilei, podem contribuir para a identificação de momentos estratégicos para a avaliação ao longo dos programas de formação. Um dos sujeitos participantes da referida pesquisa estabeleceu importantes relações com evolução história da tecnologia e os conceitos que estavam sendo trabalhados no curso de extensão que foi objeto da pesquisa. A avaliação da aprendizagem precisará estar sensível a estes pressupostos, pois serão determinantes para a compreensão do desenvolvimento cognitivo do estudante.

### **3. ASPECTOS DIDÁTICOS E PEDAGÓGICOS**

A partir das reflexões apresentadas no item anterior, onde se procurou situar a questão da epistemologia e sua importância ao se pensar a avaliação da aprendizagem em educação em engenharia, pretende-se agora iniciar uma aproximação mais significativa na questão das possíveis estratégias pedagógicas que podem ser propostas no âmbito de uma proposta de avaliação da aprendizagem. Toda discussão inicial que se faz acerca de questões didático-pedagógicas em cursos tecnológicos ou mesmo em disciplinas das ciências exatas, incluídos neste grupo os cursos de engenharia, costuma esbarrar no argumento de que na prática ou no dia-a-dia, aquela “inovação” pedagógica não proporcionará bons resultados. Seja pela expectativa dos alunos ou pela falta de formação dos professores, acaba-se repetindo uma prática docente que é aceita de forma hegemônica entre alunos e professores. Mas o que nós, pesquisadores da área de educação, em especial na educação voltada para os cursos tecnológicos, podemos e devemos fazer diante deste quadro? Vejamos inicialmente duas

posturas extremas: a primeira alternativa seria concordar com a afirmação de que realmente não há espaço para novas idéias ou novas propostas de avaliação, e que não nos resta outra alternativa senão reproduzir aquele modelo hegemônico. A segunda seria considerar o atual estado da arte dos processos de avaliação da aprendizagem nos cursos de engenharia como algo ultrapassado, que não traz nenhuma vantagem para a aprendizagem. A idéia deste texto é a busca de alternativas teóricas consistentes para a questão da avaliação da aprendizagem, sem que se parta para uma postura extremada que apenas contribui para que se mantenham as mesmas práticas de avaliação, que muitas vezes já encontram posições consensuais acerca da sua limitação em expressar adequadamente os processos de aprendizagem dos alunos.

#### **4. RESSIGNIFICANDO O SENTIDO DA AVALIAÇÃO**

Para que possamos efetivamente iniciar uma reflexão sobre um tema tão polêmico, é necessário em primeiro lugar situar as concepções que se tem de avaliação. Ou seja, o que representa de fato avaliar a aprendizagem? É uma necessidade essencialmente formal e burocrática ou é uma necessidade pedagógica? Cabe aqui pensarmos se a avaliação realmente é significativa para a aprendizagem, e para isso, precisamos falar da aprendizagem. Se pensamos em uma aprendizagem a partir de uma concepção empirista, que valoriza a experiência e a influência do meio sobre o sujeito, certamente precisaremos pensar em uma avaliação que priorize a comparação com uma realidade objetiva, muitas vezes pré-determinada<sup>1</sup>. O grande precursor desta concepção é Skinner (Skinner, 1954), que concebeu, muito antes do uso de recursos informatizados para a educação, a Máquina de Ensinar. Se é importante o retorno do professor sobre cada atividade realizada pelo aluno, pode ser uma importante estratégia pedagógica a automatização destes retornos para os alunos. Ressalta-se aqui que não se trata de dizer que esta seria uma boa ou uma má estratégia pedagógica, e sim que seria adequada para uma concepção empirista da aprendizagem<sup>2</sup>. Uma proposta de avaliação adequada para esta concepção seria aquela que fosse direcionando o sujeito para uma determinada direção a partir da realização de uma série de verificações. Pode-se inclusive enriquecer a proposta, a partir da utilização das TIC's, através de um ambiente virtual de aprendizagem que encaminharia o aluno para determinado sítio a partir da dúvida apresentada. A questão fundamental é de fundo epistemológico, pois na concepção empirista, a experiência e a influência do meio é que direcionarão a aprendizagem, um caminho de apenas um sentido. Ou seja, o sujeito seria direcionado para um sítio ou para a realização de leituras e pesquisas a partir da perspectiva do professor, que será o grande "representante" objetivo do meio ao longo do trabalho didático-pedagógico. E como ficará então, mas objetivamente falando, a questão da avaliação? Mais provas, diversificação de instrumentos de avaliação, auto-avaliação, trabalhos em grupo, atividades de campo? Sim, podem ser alternativas interessantes, e muitas delas contribuíram para que a avaliação, sob o ponto de vista empirista, tenha resultados positivos. Vejamos a seguir, uma breve descrição sobre a perspectiva da avaliação para diferentes visões epistemológicas.

#### **5. DIFERENTES AVALIAÇÕES PARA DIFERENTES FUNDAMENTOS**

A partir de uma perspectiva empirista, que se fundamentou nos ideais da Revolução Industrial e consolidou-se a partir da visão de que o ser humano deveria controlar a natureza a

---

<sup>1</sup> Precisamos superar a associação que se faz de quantificação para concepções empiristas e qualidade para concepções construtivistas. É necessário que associemos estas concepções com a questão dos fundamentos epistemológicos particulares de cada concepção.

<sup>2</sup> Talvez o primeiro passo para a superação de discussões superficiais acerca da avaliação seja justamente não ter uma postura maniqueísta.

partir do conhecimento científico, pode-se entender a avaliação como um instrumento de medida da quantidade de conhecimentos que foram transmitidos ao aluno, considerando-se que, inicialmente, o seu cérebro constitui uma tabula rasa (FREIRE, 1998). Ou, quem sabe, um disco rígido vazio, sem informações. A psicologia como ciência do comportamento humano deu os subsídios teóricos necessários para o empirismo, que consagrou a experiência e o meio externo como fatores determinantes da aprendizagem. Tal avaliação, pode ser feita sob forma de provas objetivas ou dissertativas, trabalhos em grupo ou relatórios individuais, sendo que o que se está procurando é determinar a quantidade de informação possui o aluno. Talvez a prova objetiva seja a mais apropriada, pois torna o trabalho do professor mais direto e simplificado. No âmbito da realidade da Engenharia, Bazzo et al (2000) descrevem o conceito de isenção nos processos de avaliação. Segundo os autores, a isenção desejada pode levar a um “modo uniforme de proceder” (p. 83), que poderá livrar o professor das incertezas no processo de avaliação. Tais incertezas, segundo os autores, são temidas pelos técnicos. Mas será que simplesmente utilizar coeficientes de segurança elevados nos projetos de Engenharia já é o suficiente para eliminar as incertezas? Esta é uma questão que também precisa ser resolvida na ótica da perspectiva teórica. Para o empirismo, as incertezas tendem a ser minimizadas pela experiência, que será determinante para a consolidação da aprendizagem.

Na perspectiva apriorista, considerando aspectos da teoria de Rogers (1997), considera-se que a aprendizagem não se constitui através do meio externo, da experiência, e sim a partir da autodescoberta feita pelo aluno, sem que seja necessário se preocupar com os objetivos da aprendizagem ou das atividades propostas. Neste caso, que trabalha com uma diferente concepção pedagógica, modificam-se também as perspectivas de avaliação. Talvez a auto-avaliação seja mais apropriada, pois possibilitará que o próprio aluno crie as condições necessárias para sua avaliação. A EAD<sup>3</sup>, mesmo nos dias de hoje, muitas vezes é trabalhada sob esta perspectiva, no sentido de que o aluno terá que dar conta de sua aprendizagem sem nenhuma mediação com professores e tutores, o que tira a responsabilidade dos mesmos com relação à avaliação.

Piaget, nos seus estudos acerca da Epistemologia Genética (PIAGET, 1990), assim como Vygotsky, traz significativas contribuições para a questão da aprendizagem ao considerar, em última análise, os processos de interação como determinantes na aprendizagem. Desta forma, não há garantia de construção de conhecimento essencialmente através da experiência, do meio externo, bem como através da auto-iniciativa do aluno. É necessário que o foco se transfira para a relação entre o sujeito e o objeto, entre as construções anteriores, consolidadas na forma subjetiva, e o meio externo, a realidade, a partir da confrontação com situações de desequilíbrio, que implicam na necessidade de readequação da estrutura anterior para a construção de uma nova estrutura. Ou seja, no sentido filosófico, passa-se a pensar de forma dialética, relacional, dinâmica, que deixa de ter um sentido determinista, seja ele a partir do meio externo (empirismo) ou do sujeito (apriorismo). Neste contexto, as incertezas, tão temidas pelos técnicos, precisam ser consideradas como um elemento que poderá trazer um novo sentido para a avaliação da aprendizagem. As verdades e os ideais precisam ser relativizados, conforme sugere Ramos (1999), quando questiona justamente o destinatário daquele ideal. É importante destacar, falando em termos objetivos, que não se trata simplesmente de deixar de se considerar as qualidades e as deficiências presentes nas produções dos sujeitos. Esta é uma distorção que seguidamente aparece quando se inicia a reflexão sobre a prática de avaliação dominante. Alguns professores se questionam: “Trata-se então de diminuir o grau de exigência nas minhas avaliações?”

---

<sup>3</sup> Franco e Carvalho-da-Costa (2005) têm uma pesquisa em andamento que procura aprofundar a questão da aprendizagem na EAD. Observa-se, na pesquisa atual em EAD, que as discussões sobre aprendizagem estão limitadas ao empirismo ao apriorismo, sem que se tenha uma clara diferenciação entre elas.

“Os alunos bons acabam não sendo motivados a estudar”  
“Que tipo de engenheiro vou colocar no mercado?”

Não podemos contribuir para inércia deste tema com textos superficiais, que acabam aparentando mais uma visão sectária, que acaba tendo como resultado a manutenção da prática corrente. Precisamos ir a fundo, entender sob que perspectiva pode ser entendida a afirmação de um professor que considera que ele vai colocar o aluno no mercado. Precisamos problematizar o que se considera o grau de exigência. Que perspectiva define o grau de exigência? Quais são os critérios que precisam ser considerados para se afirmar que os alunos bons não estão se motivando para o estudo? Para que possamos efetivamente partir da problematização destas questões, faremos as reflexões teóricas levando em consideração entrevistas realizadas junto a professores de cursos de engenharia, a partir de perguntas relacionadas a questão da avaliação da aprendizagem, conforme será visto na próxima seção deste texto.

## **6. RELATOS E REFLEXÕES SOBRE A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM EM CURSOS DE ENGENHARIA**

Para que se possa efetivamente apresentar propostas para a questão da avaliação, é fundamental que se faça uma reflexão inicial a partir das práticas atuais. Neste sentido, foram realizadas entrevistas com 5 professores de cursos de Engenharia, nas seguintes disciplinas<sup>4</sup>:

Professor A – Jomar – Matemática para as Engenharias  
Professor B – Dom – Circuitos digitais  
Professor C – Lumes – Programação de computadores  
Professor D – Romas – Sistemas Multiprocessados  
Professor E – Izar – Desenvolvimento Humano e Profissional

As entrevistas foram semi-estruturadas, onde foram apresentadas as seguintes perguntas:

- 1) Quais são as estratégias que utilizas para avaliar teus alunos?
- 2) Quais foram os critérios que consideraste ao elaborar estas estratégias? Procure justificar estas estratégias.
- 3) Os resultados obtidos com a utilização destas estratégias têm estado a altura das tuas expectativas?
- 4) Que tipo de implicação essas estratégias têm no dia-a-dia?
- 5) Cite e faça um pequeno relato de uma experiência positiva que tiveste como experiência de avaliação.
- 6) Faça o mesmo para o caso de uma experiência negativa.

A partir das respostas apresentadas e dos aspectos teóricos apresentados anteriormente, será feita uma análise das diferentes respostas a luz das três abordagens epistemológicas categorizadas: empirismo, apriorismo, e construtivismo. As reflexões serão feitas a partir das respostas e das discussões corridas em cada pergunta.

### **6.1 Perguntas 1 e 2 – Estratégias para avaliar**

Pode-se observar, ao longo das respostas dos entrevistados, aspectos reveladores da concepção subjacente a cada estratégia<sup>5</sup>. Jomar, em sua resposta, falou da questão de se

<sup>4</sup>

São usados nomes fictícios.

avaliar exatamente o que foi visto em aula, de forma metódica, sistemática, como uma “avaliação do conhecimento”. Observa-se neste discurso do professor, uma priorização de uma situação externa ao aluno, tendo em vista que não se falou, por exemplo, em relacionar o conhecimento que está sendo avaliado com o conhecimento prévio do aluno, nem mesmo das possíveis interconexões que podem haver entre eles. Já o professor Dom, na sua resposta, traz uma referência à participação do sujeito, quando manifesta sua preferência por turmas menores, e a importância de se ter a sensibilidade ao que ele chamou de “olhar” do aluno. Ao justificar as suas estratégias de avaliação, Dom se referiu inicialmente ao olhar dele mesmo de aluno, para, num segundo momento, ter o olhar de professor. É uma fala que revela uma postura interacionista, que não considera simplesmente o conhecimento de uma forma estanque, sem qualquer relação com a experiência anterior do aluno. Já os professores Lumes e Romas, priorizam em suas estratégia de avaliação, o conhecimento dos alunos, adotando uma postura interacionista reduzida, aproximando-se de uma concepção empirista. Ao se avaliar o desempenho dos alunos exclusivamente na resolução de um determinado programa, tem-se ainda uma postura determinista, com poucas possibilidades de interação. Ou seja, se um aluno já tem um conhecimento anterior sobre programação, ele pode até mesmo resolver os problemas sem necessitar das aulas e da orientação do professor. Não há, nesta estratégia de avaliação, uma possibilidade de relativização dos conteúdos trabalhados. O professor Izar, ao refletir sobre estratégias de avaliação, chegou até mesmo a pensar se o melhor não seria a avaliação não ser feita pelo professor das disciplinas. Ele citou o exemplo de cursos preparatórios para vestibulares e concursos, onde a avaliação não é feita pelo professor.

### **6.3 Pergunta 3 – Os resultados das estratégias e as expectativas**

Jomar salientou que a sua estratégia de realizar provas com consulta não mudou na verdade o índice de reprovação, que continua na ordem dos 30%. Novamente observa-se o caráter empirista da avaliação, tendo em vista que dados e realidades externas são determinantes nas reflexões sobre os aspectos pedagógicos. Para Lumes e Romas, as reprovações aumentaram com a estratégia de se avaliar se o aluno consegue desenvolver determinado programa computacional. Para ambos também, o aprendizado melhorou. Na verdade, os indicadores deste professores têm sido, muitas vezes, o desempenho dos alunos na indústria, onde os programas devem ser realizados na “prática”, como dizem os professores. Aqui também se tem uma postura empirista, pois prioriza-se a experiência prática e a atividade na indústria.

### **6.4 Pergunta 4 – Implicação das estratégias adotadas no dia-a-dia da atividade docente**

Segundo o professor Jomar, os alunos mudam após a primeira avaliação, pois frustram a expectativa de que a prova será mais fácil pois é com consulta. Segundo professor, nas suas palavras, “os alunos têm que receber este choque”. Para o professor Dom, a estratégias adotadas, de se considerar a experiência própria do aluno, acaba exigindo mais tempo de preparação do professor. As duas posturas apresentadas acima são emblemáticas no sentido de se evidenciar a diferença de postura epistemológica diante da questão da avaliação. Enquanto o professor Jomar assume uma posição de isenção e de não consideração dos aspectos subjetivos dos alunos, o professor Dom faz justamente o contrário, ao procurar considerar as experiências dos alunos na definição de suas estratégias. Lumes e Romas afirmaram que a consequência de suas estratégias é que houve uma otimização do tempo, pois o trabalho resumiu-se em preparar os alunos para as avaliações. Identifica-se novamente aqui uma

---

<sup>5</sup> A idéia não é categorizar os professores, mas, antes disso, procurar entender qual concepção melhor explica cada estratégia.

postura epistemológica apriorista, pois considera-se apenas que os alunos resolvam problemas previamente determinados.

### **6.5 Perguntas 5 e 6 – Relatos de experiências positivas e negativas**

Nos relatos de experiências, também surgiram aspectos interessantes. Lumes e Romas enfatizaram como aspectos positivos elogios recebidos de uma empresa que recebeu seus alunos, e como aspectos negativos situações em que alunos fizeram cópias de programas de computador feito por colegas. Dom, ao falar dos aspectos positivos, lembrou de alunos repetentes na disciplina e que haviam feito anteriormente com outro professor. Os alunos questionam o porquê de não ter trabalhado o conteúdo esta nova maneira na vez anterior, quando foram reprovados. Isto mostra mais uma vez uma postura interacionista do Prof. Dom, pois mostra que uma mesma disciplina pode ser trabalhada de maneiras diferentes, a partir de posturas de professores e alunos. Este mesmo professor, ao refletir sobre os aspectos positivos, cita Paulo Freire, quando defende que o professor deve procurar conquistar a maioria, e que o fato de reprovar, por exemplo, 80% da turma, pode ser mais fácil, pois o mais difícil é justamente trabalhar com esta maioria que tem maiores dificuldades. Já os professores Lumes e Romas voltam a apresentar uma postura determinista, ao enfatizar os elogios recebidos pelas empresas como aspectos positivos. Foi justamente neste ponto que houve um momento de reflexão ao longo da entrevista com estes dois professores. Como fazer então, no caso de uma disciplina onde o aluno deve aprender a desenvolver programas computacionais, para se avaliar os alunos? Não será mesmo o resultado do trabalho do aluno na indústria efetivamente a melhor forma de se encontrarem os aspectos positivos? A discussão avançou ainda mais, quando houve o reconhecimento de que de fato as avaliações tradicionais, nos moldes daquelas propostas por Jomar, acabam não trazendo os melhores resultados. Porém, os mesmos reconhecem que as suas estratégias, que focam o desenvolvimento e a correta execução de programas computacionais por parte dos alunos, também apresenta limitações, pois não se tem uma noção adequada dos problemas que tiveram aqueles alunos que não conseguiram desenvolver o programa.

## **7. POSSÍVEIS CAMINHOS PARA A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NA ÓTICA CONSTRUTIVISTA**

A partir das reflexões apresentadas nas seções anteriores, pretende-se agora apresentar alguns caminhos que torne possível a realização de uma avaliação na ótica construtivista. Ou seja, é feita sim uma opção teórica pela epistemologia construtivista, que privilegia a interação e a evolução dos processos cognitivos a partir do processo de equilíbrio proposto por Piaget (1990). Desta forma, serão considerados três aspectos que costumam embasar toda estratégia pedagógica que tenha como fundamento o construtivismo. O primeiro deles será a importância de se realizar uma avaliação que seja integrada com o processo de ensino-aprendizagem. Considera-se que grande parte das dificuldades observadas na avaliação da aprendizagem reside justamente no fato desta ser realizada de forma desarticulada com a aprendizagem e o trabalho cotidiano dos cursos de formação. O segundo aspecto levará em conta a questão do conhecimento prévio do aluno, que, em muitos casos, pode ser um elemento que, nas palavras de Vasconcellos (2000), mobilize os alunos para o conhecimento. Como último aspecto, será considerada a questão da avaliação formativa, que usualmente está presente em proposta de avaliação consideradas inovadoras, mas que, em alguns casos, acaba apenas sendo uma nova forma de consolidar práticas tradicionais de avaliação.

*Avaliação integrada ao processo de ensino-aprendizagem*



Nas entrevistas realizadas, apresentadas em seção anterior, em vários momentos se falou da avaliação, mas nem sempre se pode observar se estava havendo alguma relação com o processo de ensino-aprendizagem. Nas perguntas 1 e 2, relativas às estratégias para se avaliar, observou-se que o professor Jomar realiza alguma articulação, porém, somente em um sentido. Na sua fala, ficou claro que a avaliação acaba influenciando no processo de ensino-aprendizagem, e não o contrário. Novamente encontra-se aí uma abordagem empirista, mostrando a coerência teórica do referido professor. Dom, por outro lado, apesar de não revelar de forma mais objetiva sua estratégia de avaliação, propõe uma interação de dois sentidos, onde o olhar do professor e do aluno se relacionam, fazendo com que o professor passe a considerar a sua experiência anterior como aluno. Os professores Lumes e Romas, por outro lado, também realizam um movimento de um sentido, porém do aluno para o professor. O que determina e define a avaliação é a experiência do aluno ao longo do seu trabalho no desenvolvimento de um programa computacional. Não há a participação do educador no sentido de ressignificar a avaliação. Será que todas as turmas trabalharão sobre os mesmos problemas de programação? Como será possível diferenciar, por exemplo, um aluno que não tinha conhecimento algum de programação e aquele que já tinha algum conhecimento, após ambos chegarem no mesmo nível de programação no final do curso? Será que o olhar do professor, para estes alunos, não deveria fazer a devida distinção. Ao longo da entrevista, surgiu esta questão com os professores Lumes e Romas, que reconheceram que está realmente pode ser uma deficiência do método, mas ambos não vislumbram uma alternativa adequada para o caso. E realmente, se continuarmos sobre uma ótica apriorista, de fato pode não haver mais possibilidades de avanço. É justamente em busca de avanços em questões como esta que se busca a perspectiva interacionista.

Em Costa (2004), ao se realizar a avaliação coletiva final do curso de extensão que foi objeto da investigação realizada, observaram-se vários comentários de alunos e indicativos positivos para a integração entre a avaliação e o processo ensino-aprendizagem. Desde o recebimento de respostas comentadas até a possibilidade de se discutir a avaliação, diversas foram as possibilidades de se redirecionar a prática docente a partir dos resultados da avaliação.

### **7.1 Consideração do conhecimento prévio do aluno**

Nas intervenções dos professores entrevistados, observou-se que poucas foram as respostas que indicam que era considerado o conhecimento prévio de cada estudante. Tanto Jomar, quando define seu trabalho a partir do resultado da avaliação, quanto Lumes e Romas, que consideram apenas a resolução do mesmo problema para todos os alunos, deixam de considerar efetivamente o conhecimento prévio de cada aluno. O caso da disciplina de programação é emblemático, pois são considerados iguais, por exemplo, dois alunos que iniciam com diferentes níveis de conhecimento e terminam conseguindo resolver o mesmo problema. Será que o aluno com um conhecimento mais avançado não poderia desenvolver algo mais aprimorado? Indo mais além, não seria interessante também considerar a estrutura deste conhecimento prévio?

Em Costa (2004) ocorreu algo parecido, quando diferentes alunos, com diferentes níveis de conhecimento com relação ao assunto que estava sendo tratado<sup>6</sup>, realizaram o curso. E não é somente a questão do nível de conhecimento, mas também a estrutura do conhecimento prévio de cada sujeito. O curso era composto por alunos de diferentes formações, incluindo arquitetura, diferentes engenharias e matemática. Ao longo da realização das atividades,

---

<sup>6</sup> O curso tratava da construção de diagramas de solicitações (esforço cortante e momento fletor) em vigas

observou-se que cada um, a partir do seu conhecimento prévio, apropriava-se dos conceitos a sua maneira. O caso mais emblemático desta situação foi a forma de resolução que o aluno da área da matemática utilizou, em comparação com a forma tradicionalmente trabalhada nos cursos de engenharia. Nesse aluno, se observou uma tendência de se construir relações matemáticas num nível de abstração mais apurado que nos demais alunos, bem como a utilização de uma linguagem diferenciada, conforme se pode verificar nas passagens abaixo:

*"cresce linearmente dos extremos ao ponto de aplicação da carga"* (ATIV. 1) *"nota-se que o ponto máximo no DMF"*. (ATIV. 1)

Nessa atividade o aluno ainda fez comentários intitulados "observações matemáticas", com o seguinte texto:

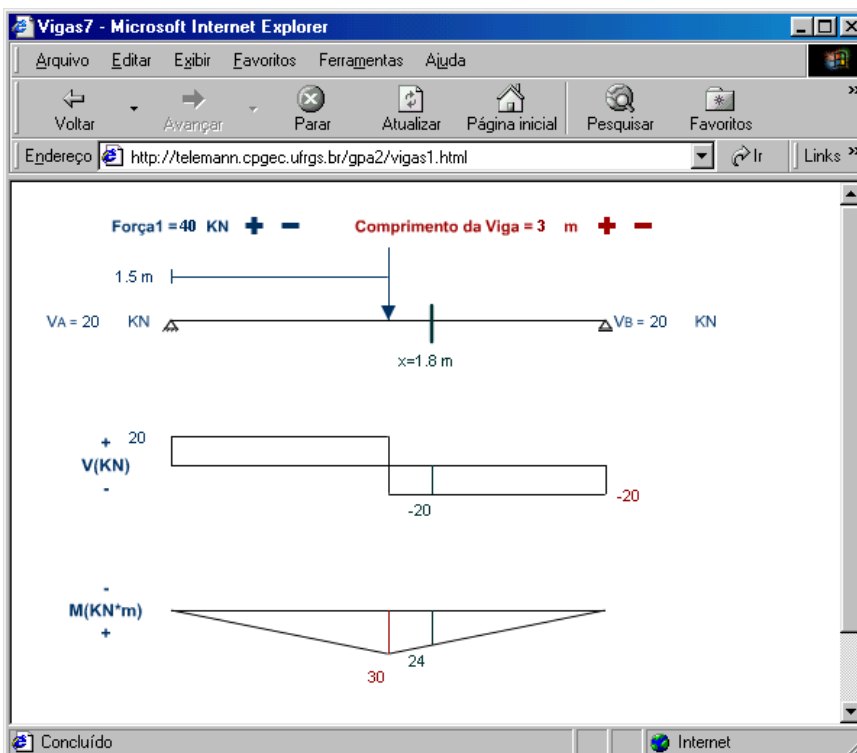
*"O momento fletor em um ponto é proporcional ao valor da carga e seu braço de alavanca, ou seja,  $M(x) = F \cdot x$ . Aplicando a derivada de  $M(x)$  em relação a  $x$  obtém-se  $y(x) = F$ , o valor da carga no ponto, isto é, o esforço cortante. Isto justifica a relação entre os diagramas."*

*"Sabe-se que o somatório de momentos no apoio B tem-se  $3R_a - F \cdot x - 2F = 0 \Rightarrow 3R_a = (2+x)F$ ,  $p/F = 50$  tem-se  $R_a = 50(2+x)/3$ "* (ATIV. 2)

*"Dessa forma, devido à simetria do problema,  $R_a = R_b = 50$ "* (ATIV. 2)

*"No ponto de aplicação da carga, o momento fletor é máximo local"* (ATIV. 2)

Vê-se aí claramente o uso de uma linguagem própria de uma construção anterior, que fez com que o aluno assimilasse os objetos de uma forma diferente. Ao mesmo tempo ocorre a acomodação, pois princípios físicos são incorporados às construções feitas pelos alunos, como nas expressões *"braço de alavanca"*, *"ponto de aplicação da carga"*, *"valor da carga"*, que são tomadas de consciência necessárias à compreensão das atividades propostas. Os desequilíbrios das estruturas cognitivas do aluno se deram a partir da necessidade de identificar e considerar elementos físicos reais nas suas bases teóricas. A forma como se deu o processo de adaptação pode ser identificada ao analisar a forma como o aluno resolveu as atividades, conforme se pode observar na resolução da atividade 4 (Figura 1) e da atividade 6. Na Tabela 1 é apresentado um quadro comparando a solução tradicionalmente aceita com a solução apresentada pelo aluno.



Encontrar as funções esforço cortante e momento fletor para a situação apresentada na figura.

Figura 1 - Atividade 4

Solução Tradicional	Solução do aluno
<p>Antes da carga:</p> <p><math>V(x) = 20</math>  <math>M(x) = 20 x</math></p> <p>Depois da carga:</p> <p><math>V(x) = -20</math>  <math>M(x) = -20 x + 60</math></p>	<p>Antes da carga:</p> <p><math>V(x) = 20</math>  <math>M(x) = 20. x</math></p> <p>Depois da carga:</p> <p><math>V(x) = -20</math>  <math>M(x) = -20(x-3)</math></p>

Tabela 1 - Comparação de soluções atividade 4

Na Tabela 1 apresentam-se as duas soluções em que a diferença fundamental está no momento fletor. Na solução tradicional<sup>7</sup>, obtém-se a equação por equilíbrio, conforme Figura 2.

<sup>7</sup> Tradicional nesta análise refere-se à forma como um aluno de Engenharia costuma apropriar-se destes conceitos, dando-se ênfase aos princípios físicos de equilíbrio.

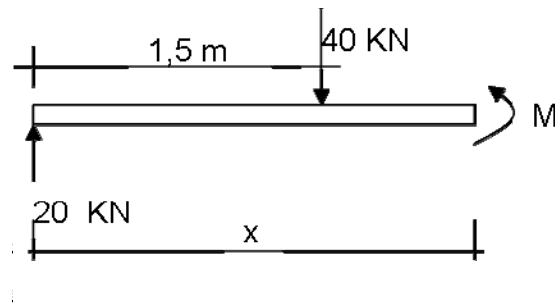
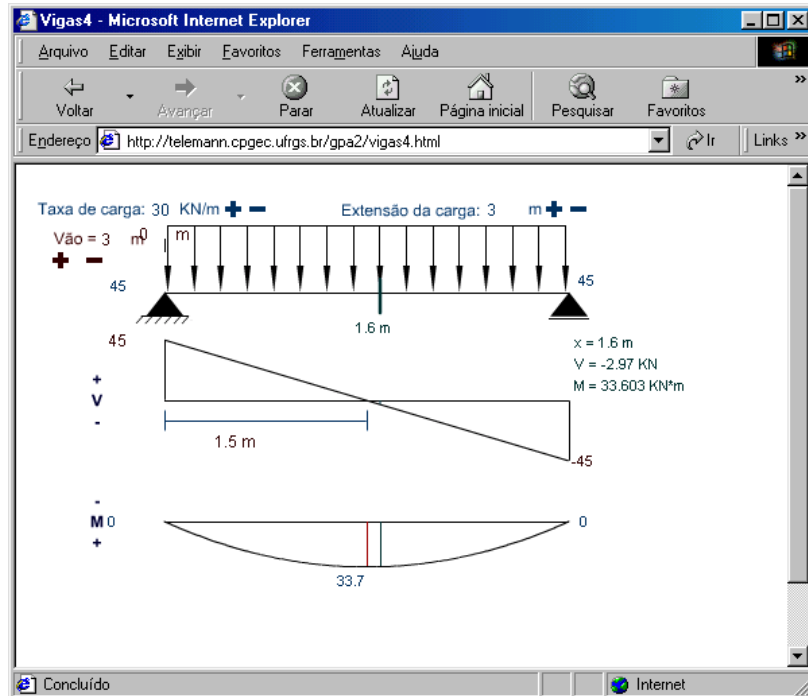


Figura 2 - Momento Fletor por equilíbrio

O aluno resolveu utilizando uma premissa simples, pois considerou que na extremidade direita da viga o momento fletor é nulo, podendo-se assim utilizar a expressão  $M(x) = -20(x-3)$ , que zera o momento fletor quando  $x=3\text{m}$ , ou seja, na extremidade direita da viga. O "-20" foi obtido a partir da derivada, pois o aluno relatou que sabia pelos seus conhecimentos prévios que a derivada do momento fletor é o esforço cortante. Essa forma de resolução favoreceu a generalização ocorrida na atividade 6, quando a expressão ficou  $M(x) = -25(x-L)$ , valendo para uma viga com um vão  $L$  qualquer sujeita a uma carga de  $50\text{ kN}$ . Observa-se nesta estratégia a questão da criação de novidades, evidenciando a ocorrência da assimilação recíproca, integrando a estrutura mais complexa à menos complexa. Inicialmente o aluno sabia que os momentos fletores deveriam ser nulos nos apoios e que poderia valer-se dessa propriedade na elaboração de uma relação matemática. O desequilíbrio surge ao se tentar encontrar uma forma genérica para um vão e uma carga qualquer. A partir da utilização das animações, com diferentes valores de cargas e vãos, busca-se "aproximações ativamente procuradas" (PIAGET, 1990, p. 102) no sentido de construir a forma genérica, que representa a estrutura com um grau de complexidade maior, integrada à primeira.

A generalização das funções presentes na atividade 7 também apresentou características interessantes. Foi solicitado aos alunos que obtivessem equações do esforço cortante e do momento fletor para vigas simplesmente apoiadas com carga distribuída, para posterior generalização em função da carga e do vão, a partir de uma animação, apresentada na Figura 3.



Encontrar as funções esforço cortante e momento fletor para a situação apresentada na figura .

Figura 3 - Atividade 7

Solução Tradicional	Solução do aluno
$V(x) = -30x + 45$ $M(x) = -15x^2 + 45x$	$V(x) = 30 \cdot (1,5 - x)$ $M(x) = 30 \cdot \left( 1,5 \cdot x - \frac{x^2}{2} \right)$

Tabela 2 - Comparação de soluções atividade 7

Na Tabela 2 observa-se que a diferença fundamental provém do esforço cortante, já que o momento fletor foi obtido por integração.

A função  $V(x) = 30(1,5 - x)$  foi construída considerando inicialmente o ponto  $x=1,5$ , onde  $V=0$ . Surge então o fator " $(1,5-x)$ ", que é antecedido pelo "30" por este ser o valor da carga distribuída. O aluno relatou que já sabia que a inclinação devia ser o valor da carga. É interessante observar que o coeficiente angular dessa função é negativo, porém, pela forma como o aluno montou a função, o "30" ficou com o sinal positivo. O aluno foi questionado sobre isso, e respondeu que foi sua opção escolher o fator " $(1,5 - x)$ " ao invés de " $(x - 1,5)$ ", pois é seu costume eliminar os sinais negativos do início das funções. Esse mesmo procedimento não foi feito na atividade 4 e 6 para que ficasse evidente nessas atividades a relação entre  $V(x)$  e  $M(x)$ <sup>8</sup>.

Usualmente essas generalizações são feitas da forma como é apresentado na Figura 4.

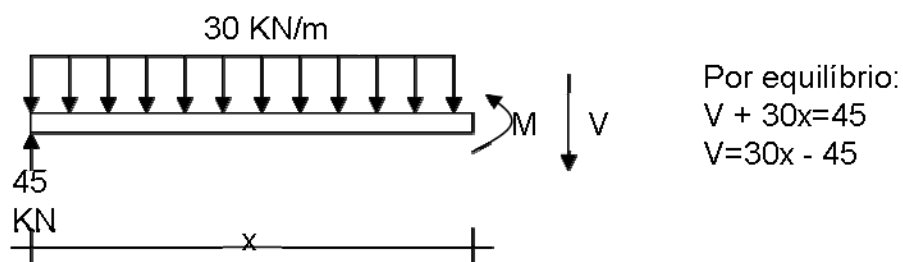


Figura 4 - Esforço cortante obtido na forma tradicional

Logo, é possível observar o quanto uma abordagem dialética pode trazer avanços diante de situações de aparente impasse. No caso da situação relatada pelos professores da disciplina de programação, uma das alternativas certamente seria considerar o conhecimento prévio de cada estudante, permitindo assim que cada um construa a sua estrutura conceitual de modo genuíno, deixando assim que realizar um procedimento-padrão de programação, que certamente não contribuirá para que o estudante venha a ser um engenheiro que saiba estabelecer um pensamento crítico e refletir sobre suas ações.

## 7.2 Avaliação Formativa

O caráter formativo da avaliação só se estabelece na medida em que não se consideram apenas dois ou três momentos de avaliação. É preciso considerar todo o trabalho pedagógico. É claro que não é uma tarefa muito fácil qualificar ou mesmo quantificar o desempenho do aluno considerando cada atividade e cada tarefa realizada pelo mesmo. Todavia, considera-se que isto não representa uma justificativa para que se perpetue um modelo de avaliação que privilegia a quantificação e a classificação dos alunos a partir da realização de provas que "medem" o conhecimento dos alunos. Na verdade, ao se considerar a concepção construtivista, não há como medir o conhecimento, pois ele trata-se de uma estrutura complexa e subjetiva, que está em constante mutação e evolução. Se analisarmos a evolução histórica do conhecimento, podemos constatar facilmente que o que é certo para

<sup>8</sup>  $V(x) = -20$   
 $M(x) = -20(x-3)$

Foi usado  $(x-3)$  ao invés de  $(3-x)$  para evidenciar a presença do esforço cortante -20 na função do momento fletor.

determinado paradigma conceitual, pode não ser certo para outro. Por exemplo, a mecânica newtoniana explicou muito bem o universo até ser contestada e relativizada, o que mostra que o conhecimento nunca será uma verdade única e absoluta, pelo contrário, crescerá e será sistematizado a partir da constante indagação e questionamento. Isto também reforça a importância da concepção dialética da aprendizagem. Só haverá construção de conhecimento, quando houver a crítica, o questionamento de verdades absolutas, e a relativização de verdades. Da mesma forma de as idéias newtonianas precisaram ser revistas, os conhecimentos prévios dos alunos também deverão ser, e o desafio dos professores será justamente colocar os conhecimentos prévios dos alunos em cheque. Neste contexto, o que poderia ser feito pelos professores Lumes e Romas, no seu trabalho com a disciplina de programação, diante de aluno que inicia a disciplina com o conhecimento prévio suficiente para desenvolver, em apenas uma aula, todos os programas computacionais necessários para se obter aprovação na disciplina? Pelos relatos das entrevistas, este aluno poderia ser dispensado a partir do primeiro encontro. Mas será que não há uma forma de colocar em cheque este conhecimento prévio do aluno? Será que ele estará mesmo preparado para realizar um programa cujos objetivos precisam ser determinados por ele? É esta a hora de se avançar e se mobilizar o aluno. Este aluno poderá ser instigado a propor um tipo de programa a ser desenvolvido a partir de uma determinada necessidade prática de uma indústria. Mais ainda, ele poderá partir para uma outra linguagem de programação, etc... Ou seja, assumir a concepção dialética acerca do conhecimento é saber que sempre se pode avançar, e que a dúvida e a crítica são grandes aliados na construção de novas estruturas cognitivas.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conforme já foi dito anteriormente, não se tem a pretensão, neste texto, de se apresentarem as grandes dicas e as grandes soluções para a questão da avaliação da aprendizagem em cursos de engenharia. Pelo contrário, sabe-se que o caminho é longo para que se possa começar a encontrar alternativas para uma avaliação que já está esgotada, pois se observa que a prática profissional acaba sendo muito mais dinâmica e complexa do que a realização de duas ou três provas para aferir o nível de conhecimento do aluno. O paradigma cartesiano ainda está muito presente nas escolas de engenharia, o que torna mais difícil a relativização de verdades e a consideração de uma abordagem dialética do conhecimento. Antes de considerarmos o conhecimento em Engenharia como algo mais estruturado ou mais complexo que outros saberes, precisamos, como engenheiros, passar por um processo de reflexão. Ao invés de ficarmos passivos diante da significativa redução do número de estudantes nas classes de engenharia, precisamos ver em que medida não podemos estar contribuindo para esta redução. Se levarmos em conta ainda o dinamismo da era em que vivemos, mas necessária ainda será uma mudança de paradigma.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**BAZZO, W. A. Educação Tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia / Walter Antônio Bazzo, Luiz Teixeira, Irlan von Linsingen.** Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2000.

**BECKER, F. A Concepção de conhecimento de aprendizagem. Ensino de Engenharia: do positivismo à construção de mudanças para o século XXI,** Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2006, p. 123-146.

**BUNGE, M. Ciência e Desenvolvimento.** Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 1980

COSTA, L. A. C. **A avaliação da aprendizagem no ensino de estruturas: epistemologia, tecnologia e educação a distância.** 2004. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FRANCO, S. R. K. **O construtivismo e a educação.** Porto Alegre: Mediação, 1997.

FRANCO, S. R. K.; ANDREATTA-DA-COSTA, L. A. **Aprendizagem em Educação a distância: caminhos do Brasil.** Pesquisa aprovada junto ao CNPq – Edital n. 61/2005.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.

GRAVINA, M. A. **Os ambientes de geometria dinâmica e o pensamento hipotético-dedutivo.** 2001. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Curso de Pós-Graduação em Informática na Educação – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HOFFMANN, J. **Avaliar para Promover – as setas do caminho.** Porto Alegre: Mediação, 2001.

KUHN, T. A **Estrutura das Revoluções Científicas.** São Paulo: Editora Perspectiva, 2001

NITZKE, J. A. **O hipertexto inserido em uma abordagem cooperativo-construtivista como promotor da aprendizagem de tecnologia de alimentos.** 2002. 274 p. : il. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Curso de Pós Graduação em Informática na Educação – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PIAGET, J. **Epistemologia Genética.** São Paulo: Martins Fontes, 1990.

RAMOS, E. M. F. O papel da avaliação educacional nos processos de aprendizados autônomos e cooperativos. In: **Formação do Engenheiro.** Florianópolis, Editora da UFSC, 1999.

ROGERS, C. R. **Tornar-se pessoa.** São Paulo: Martins Fontes, 1997.

SKINNER, B. F. **The Science of Learning and the Art of Teaching.** In: Current Trends in Psychology and the Behavioral Sciences at the University of Pittsburgh, 1954.

VARGAS, M. **A história da técnica e da tecnologia.**

VASCONCELLOS, C. S. **Avaliação: concepção dialético-liberadora do processo de avaliação escolar** 11ª ed. São Paulo: Libertad, 2000



## **ESPISTEMOLOGY AND PEDAGOGY IN THE LEARNING ASSESSMENT: THE CASE OF ENGINEERING COURSES**

**Abstract:** *Based on epistemological and pedagogic theoretical framework, this paper is aimed to investigate the learning assessment process in engineering courses. From interviews with engineering teachers and the outcomes of the education engineering thesis, it is outlined some strategies in order to find some ways to improve the learning assessment process in engineering courses.*

**Key-words:** *Learning assessment, engineering education, constructivism*