

USO DO PORTFÓLIO COMO MEIO DE CONSTRUÇÃO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO: APLICAÇÃO PARA AS CIÊNCIAS DE FENÔMENOS DE TRANSPORTE NOS CURSOS DE ENGENHARIA

Míriam Tvrzská de Gouvêa - miriamtg_br@yahoo.com
Esleide Lopes Casella – ecasella@uol.com.br
Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie
Departamento de Engenharia de Materiais
R. da Consolação, 896, prédio 06
CEP 01302-907 - São Paulo- SP

Resumo: *Um dos objetivos da graduação deve ser o de promover o pensamento científico, pautado em observações e descrições acuradas dos fenômenos. Contudo, a atual realidade dos alunos evidencia uma capacidade limitada de observação científica, de descrição dos fatos e registros das discussões. Neste trabalho, relata-se uma possibilidade para o desenvolvimento do raciocínio científico através da utilização por parte dos alunos e do professor de um portfólio, o qual se pretende que de um lado propicie a criação de uma interação entre professor e aluno e de outro lado que oriente o aluno na construção do pensamento autônomo e no processo de aprendizagem de uma forma contínua. Pode-se compreender o recurso do portfólio como um registro do processo de aprendizagem, pois nele o aluno deve acumular observações, dados, hipóteses e resultados, assim como impressões, dúvidas, certezas e reflexões sobre leituras de artigos e livros. No presente trabalho, discutimos, ainda, em que medida a análise do portfólio do aluno pelo docente corresponde a um procedimento de avaliação continuada e a um instrumento indicativo para o planejamento e promoção de ajustes nas estratégias de ensino. Neste trabalho, a experiência de aplicação do portfólio refere-se às disciplinas de Fenômenos de Transporte dos cursos de Engenharia Elétrica e de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie.*

Palavras-chave: *portfólio, pensamento científico, fenômenos de transporte, construtivismo, mudança conceitual.*

1. INTRODUÇÃO – ENSINAR O ALUNO A APRENDER A APRENDER A PENSAR

O Conselho Nacional de Educação (CNE/CES), através da resolução CNE/CES 11 de 11 de abril de 2002, estabelece que “o desafio que se apresenta para o ensino de engenharia no Brasil é um cenário mundial que demanda o uso intensivo da ciência e tecnologia e exige profissionais altamente qualificados”. A posição do CREA é semelhante: “é preciso formar engenheiros capazes de inovar no que diz respeito aos problemas tecnológicos brasileiros e preparar pessoas para que o mundo seja visto também com espírito científico”. Não bastassem estes objetivos ambiciosos, a atual realidade dos alunos da graduação em engenharia evidencia nestes uma capacidade limitada de observação científica, de descrição e interpretação dos fatos, de registros das discussões e de entendimento da linguagem matemática. Adicionalmente, os alunos chegam frequentemente do Ensino Médio com uma assustadora deficiência em conceitos científicos ou então apresentam noções não aceitas pelos atuais paradigmas científicos. Assim, cremos que a prática docente planejada e fundamentada é essencial, para num primeiro momento suprir as deficiências conceituais dos alunos

interessantes na Universidade e num segundo momento promover a almejada autonomia educacional de que falam o CNE e o CREA.

Muito difundido na área da Pedagogia e nos cursos de educação à distância (CAVALCANTE, 2003), o portfólio é uma ferramenta através da qual a construção do conhecimento pelo aluno se dá pelo seu preenchimento e confecção do portfólio. A atuação do professor é a de mediação e a de um analista do processo de aprendizagem do aluno. Ainda, o portfólio tem sido proposto como uma ferramenta de avaliação do aluno e da própria conduta pedagógica do docente. Pode-se compreender o recurso do portfólio como um registro do processo de aprendizagem, pois nele o aluno deve acumular observações, dados, hipóteses e resultados, assim como impressões, dúvidas, certezas e reflexões sobre leituras de artigos, livros e dos procedimentos de aula. O portfólio contempla a produção acadêmica da disciplina, podendo ser compartilhado apenas com o professor ou com os demais participantes do curso.

Pretende-se neste trabalho relatar uma possibilidade para o desenvolvimento do raciocínio científico e das competências do engenheiro do século XXI através da utilização por parte dos alunos e do professor de um portfólio. Pretende-se com o portfólio enfatizar e promover o processo de construção do conhecimento pelo estudante. Isto significa que a ênfase da aprendizagem centra-se no processo de aprendizagem e, portanto, na possibilidade de o aluno nela atuar, de forma reflexiva e articulada com o ensino.

No item 2 efetuamos uma breve discussão do processo de aprendizagem sob o ponto de vista das teorias construtivistas e da mudança conceitual. Buscamos com esta discussão estabelecer os suportes para a nossa conduta docente. No item 3, discutimos a situação atual do ensino de ciências nas universidades, as quais prescindem de uma mudança da atitude docente. No item 4, abordamos o portfólio como meio da construção do pensamento científico e no item 5 discutimos o uso do portfólio como um instrumento de avaliação discente e docente. Finalmente no item 6 concluímos o trabalho.

2. O PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM NA ÓPTICA CONSTRUTIVISTA E DA MUDANÇA CONCEITUAL

O conceito de aprendizagem ultrapassa a simples aquisição de conhecimentos, pois deve envolver um ato reflexivo de elaboração de novos padrões (de se perceber, pensar e de agir). É complexo e primordialmente interno por estar relacionado à formação da consciência, da ruptura de valores estabelecidos e da formação de novos valores. A aprendizagem é um processo integrado no qual o indivíduo como um todo, incluindo seu intelecto, os sistemas afetivos e físicos devem estar mobilizados. Em vista disto pode-se ter diversos tipos de aprendizagem tais como cognitiva, afetiva e psicomotora. A motivação está relacionada à predisposição do indivíduo para receber um estímulo através do qual cria-se a possibilidade de mudança em relação a uma situação estável ou conflitante. Dessa maneira todo estímulo seria inútil se o educando não estiver interessado na aprendizagem. Para a compreensão de como ocorre o processo de ensino e aprendizagem e como o aluno deve ser entendido, há teorias pedagógicas diferentes, sendo que as primeiras teorias que muito influenciaram tanto docentes como educandos são as teorias comportamentalista e da escola tradicional. A abordagem tradicional foi considerada acrítica e ultrapassada durante as décadas de 70 e 80, mas atualmente ainda há os seus defensores que enfatizam que não há como formar um engenheiro que não tenha uma sólida e grande base de informações.

A teoria comportamentalista baseia-se no fato de que as pessoas apresentam uma resposta para um determinado estímulo, de forma que se confunde aprendizagem com um condicionamento (SCHULZ e SCHULTZ, 2001). A explicação dada para a motivação é o reforço: o indivíduo aprende para alcançar um reforço externo que irá satisfazer suas necessidades. O condicionamento aplicado ao ensino possibilitou atividades de ensino, como por exemplo, a instrução programada em que uma situação de reforço é aplicada quando o

indivíduo fornece uma resposta correta ou a prática de jogos como instrumento de fixação de conceitos e de motivação. Contudo a prática docente pautada exclusivamente na teoria comportamentalista não apresenta bons resultados quando é aplicada em pessoas mais independentes e criativas.

Já a teoria tradicional caracteriza-se por uma concepção tipicamente não experimental de disciplina mental, que preconiza que a educação é um processo de disciplina e que a aprendizagem se faz pelo exercício, repetição e cópia de modelos pré-estabelecidos (MIZUKAMI, 1986). A abordagem tradicional se exterioriza por meio de uma metodologia tipicamente expositiva, a partir da transmissão de conhecimento. O conteúdo pouco ou nada tem a ver com a realidade do educando, sendo o conhecimento acumulado e enciclopédico considerado como uma verdade absoluta. O ensino é centrado no professor. A motivação é essencialmente extrínseca ao aluno, sendo o trabalho intelectual do aluno, iniciado após a exposição do professor. Nesta abordagem tradicional o aluno é um agente passivo, executa prescrições, cumpre programas de disciplinas. O conhecimento é transmitido pelo professor, sendo incorporado progressivamente pelo aluno e espera-se que o aluno reproduza fielmente o que lhe é ensinado, não lhe cabendo qualquer questionamento dos “dogmas” que lhe são apresentados em aula.

Para contrapor estas teorias, citamos FREIRE (2002) que nos diz que “ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”. Ou nas palavras de LIBÂNEO (2002) “devemos ensinar os alunos a aprender a aprender a pensar”. Portanto, enquanto docentes devemos voltar a nossa atenção para novos paradigmas educacionais. Cabe ressaltar que a aplicação de novas teorias na prática docente não é uma tarefa simples. De um lado, os alunos estão fortemente imbuídos pelo “espírito de estímulo e resposta” e do regurgitar de informações. De outro lado, os docentes também devem estar disponíveis para aprenderem novas concepções de ensino e precisam passar por um processo de mudança conceitual no que tange aos ensinamentos da ciência da pedagogia.

Segundo a Teoria do Construtivismo, para se alcançar a modificação da forma de saber e de aprender dos alunos, deve-se primeiramente reconhecer o papel que os conhecimentos prévios dos alunos exercem na atribuição de significados e na ancoragem para a compreensão de novos conceitos e criação de novas estruturas cognitivas. O docente deve atuar na criação de uma zona de desenvolvimento proximal^(Segundo Vygotsky a zona de desenvolvimento proximal é a distância entre aquilo que o aluno é capaz de realizar sozinho e que realiza com a colaboração de outros) e no proporcionamento do surgimento de conflitos que possibilitem uma mudança conceitual. O docente deve atentar para o papel da significação para o real entendimento de um conteúdo. Como escreveu Kant: “O que os objetos são, em si mesmos, fora da maneira como nossa sensibilidade os recebe, permanece totalmente desconhecido para nós. Não conhecemos coisa alguma a não ser o nosso modo de perceber tais objetos - um modo que nos é peculiar e não necessariamente compartilhado por todos os seres...” (ALVES, 2002). Sem a atribuição de um significado a um conceito, este último não é compreendido e não pode ser aplicado ou usado para a criação de novas tecnologias ou para se gerar novos conhecimentos. A participação ativa do aluno na construção de um conceito novo é vital, pois sem a participação ativa do aluno, um novo conceito é apenas depositado na mente do aluno, sendo por ele transcrito em provas e esquecido ao final do semestre letivo. Ainda, no planejamento de sua conduta docente, o professor deve dividir os conteúdos a serem ensinados em conteúdos factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais. A consciência desta divisão permite um melhor planejamento da prática docente, uma vez que são diferentes os meios que levam à aprendizagem de cada um destes conteúdos pelos alunos (COLL *et al.*, 1996).

Uma outra linha de investigação do processo de ensino-aprendizagem é referenciada como a teoria da mudança conceitual (POSNER *et al.*, 1982). Esta linha investigativa está atrelada a uma linha de entendimento como a ciência se desenvolve. Segundo T. S. Kuhn, o desenvolvimento da ciência passa por momentos de ruptura de modos de pensar consagrados para novos paradigmas. Os primeiros caracterizam a chamada “ciência normal”, a qual em

determinados momentos históricos passa a não explicar algum fenômeno ou que para alguns cientistas não é uma forma naturalmente intuitiva de pensar. Nestas ocasiões, propicia-se o surgimento de novos modelos de pensamento. Foi assim, com a revolução química e mecanicista protagonizadas por, e.g., Boyle e Newton (GOLDFARB, 2001), ou com o modelo astronômico de Copérnico ou mais recentemente com a teoria da relatividade ou modelos atômicos quânticos. Assim, pode-se entender o processo de ensino-aprendizagem nesta óptica. Uma primeira etapa da aprendizagem envolve o que se define como assimilação, ou seja, o uso de um conceito para explicar fenômenos distintos (POSNER *et al.*, 1982). Acontece que, em determinadas situações esta assimilação pode não explicar um fenômeno. Neste momento, os alunos sentem-se incomodados e se tornarão disponíveis para novas maneiras de pensar. Contudo um novo modelo científico deve ser plausível e inteligível. Quando ele o for, poderá eventualmente ser usado para explicar um novo fenômeno, quando se dará a acomodação. Infelizmente, a assimilação e acomodação (este termo usado por Posner como o ápice da ruptura de uma forma de pensamento para outra) não são tão prontamente atingidas pelos educandos e mesmo pelos educadores. Torna-se comum os alunos não alcançarem a acomodação porque os conceitos foram erroneamente entendidos pelos docentes. Assim, a tarefa de significação ou até mesmo de re-significação de conceitos de teorias deve ser feita por ambos, docentes e alunos.

POSNER *et al.* (1982) sugerem que a atuação docente pode se dar como a de um tutor socrático, em que o docente se posicionará como um adversário às idéias dos alunos, incentivando-os a uma reflexão crítica. Discute também a importância da análise de erros dos alunos, para a elaboração de novas e revisadas condutas docentes.

Neste trabalho propomos o uso do portfólio como um meio de condução da prática docente e do estudo do educando visando à sua acomodação conceitual. Esta se dará primeiramente através da tomada de consciência por parte dos alunos de seus conceitos prévios. Em seguida, os alunos efetuam um registro sobre experiências conduzidas em aulas ou comentam textos lidos ou propõem soluções para problemas propostos, sendo que as experiências, textos e problemas criam nos alunos um conflito conceitual, os quais devem ser resolvidos pelos alunos com a orientação docente. Através dessa resolução dos conflitos um novo conceito científico é construído e finalmente, os alunos devem efetuar leituras sobre estes novos conceitos (a partir da exposição constante no portfólio e da leitura de textos citados no portfólio) e utilizá-los para a resolução de diferentes problemas, também propostos no portfólio. Percebe-se também que o portfólio permite o docente a trabalhar com os conteúdos procedimentais no sentido que promove a condução do processo de ensino-aprendizagem.

3. A ATUAL CRISE UNIVERSITÁRIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Iniciaremos a discussão neste item com dois aspectos talvez não tão fortemente ressaltados em textos escritos pela comunidade dos educadores como os aspectos da atribuição de significados, da disponibilidade para a aprendizagem e mudança conceitual, mas que a estes estão fortemente ligados.

O perfil dos educandos mudou radicalmente neste início do século XXI quando comparado com o final do século XIX. A educação não mais atende quase que exclusivamente à elite, embora particularmente no Brasil muito resta a ser feito para a universalização do ensino.

A presença da televisão e da tecnologia da informática alterou a expectativa dos alunos frente ao que é conduzir uma aula. Não só dos alunos, diga-se de passagem. Entre os educadores, há inúmeras vozes que defendem fervorosamente o uso da tecnologia na arte de ensinar (MORAN, 2002), sendo o ponto máximo desta maravilhosa tecnologia a possibilidade do ensino a distância, em que o docente de sua confortável casa, através de uma poderosa câmara filmadora poderia ver em tempo real os olhos dissimulados de seu jovem aluno a centenas de quilômetros de distância... Há, assim, a pressão pela conduta docente de um

“shownaulismo”. Aulas socráticas, em que os alunos são inquiridos e forçados a pensar são chatas. Mas qual o resultado, que se pode esperar de “aulas-espetáculos”? Citamos apenas alguns:

- alunos que desconhecem o uso de uma biblioteca. Quando incentivados a efetuar uma pesquisa bibliográfica, um número considerável de alunos recorre à internet, outros à consulta dos trabalhos já elaborados pelos colegas, sem, contudo, citar a fonte consultada.
- como a leitura de livros não é “espetacular”, os alunos não compreendem um texto escrito, assim como enunciados com mais de cinco linhas são ininteligíveis e absurdos. Uma imagem vale mais que mil palavras, mas sem as palavras o que seria da imagem?
- para os alunos é difícil entender o significado das fórmulas, sendo interpretadas como letras em que números são substituídos. Assim, compreendem densidade, como a relação de massa (m) sobre volume (V). Para calcular V existem fórmulas também decoradas. Quanto à massa, para que se preocupar? Assim, decorre que a densidade do ar é um, uma verdade absoluta e imutável. Os alunos, com esta verdade tão simples e “cristalina” não sentem necessidade de ir atrás de um conceito de força atrelado à densidade e que sim explicaria o fenômeno já estudado por Aristóteles e Arquimedes. Precisariam pensar de forma abstrata e certamente em termos de modelos matemáticos...
- a aversão à linguagem matemática é contribuída pela postura imediatista, fortemente influenciada pela mídia. Na televisão, mais especificamente nos “shownaulismos” ou até mesmo em programas educacionais “shownaulistas”, as interpretações para os fatos já vêm prontas, digeridas, uma atitude muito correta para os nossos dias atuais de correria. Assim, para que perder horas em um trabalho de manipulação algébrica? Para que perder tempo em busca de novas interpretações, quando uma possível e muito simples já foi encontrada e transmitida?
- sem a consciência da importância da matemática e da importância da atribuição de significados a fórmulas e leis, os alunos não sentem necessidade de um estudo continuado ou de prestarem atenção no discurso de um professor. Estudam-se fenômenos de transporte, física, química, cálculo e outras disciplinas nas cinco ou quem sabe até oito horas que antecedem a prova... Quando olhamos o caderno de um aluno, para verificarmos as anotações feitas em aula, não raro, encontramos apenas o que foi escrito na lousa ou ditado em sala de aula. Da preleção feita pelo docente nenhum relato consta, como se esta fosse feita em outra língua, ou como se o docente sequer estivesse fisicamente presente na aula.

4. A CONSTRUÇÃO DO PORTFOLIO

Pelo portfólio pode-se contemplar os múltiplos caminhos que o aluno pode percorrer para alcançar a aprendizagem, de forma a poder manter um diálogo com o conhecimento. Todas as etapas dos processos de investigação e opiniões devem ser valorizadas, incluindo caminhos de reflexão, análises que farão parte de uma somatória das experiências do aluno. Pretende-se que o portfólio seja um instrumento importante para desenvolver as capacidades de observação e comunicação, tão pouco enfatizadas nas práticas educacionais.

Segundo o CREA, “é preciso formar engenheiros capazes de inovar no que diz respeito aos problemas tecnológicos brasileiros e preparar pessoas para que o mundo seja visto também com espírito científico”. Assim, a conexão entre ciência, tecnologia e problemas concretos deve ser realizada à luz das características do senso comum e da ciência, que para ALVES (2002), são a expressão da necessidade de compreender o mundo a fim de viver melhor e sobreviver. Ainda segundo este autor “a aprendizagem da ciência é um processo de desenvolvimento progressivo do senso comum, que consiste na manutenção e modificação das capacidades ou habilidades já possuídas pelo aprendiz”, como por exemplo, a habilidade de observar, perceber problemas, fazer registros, se comunicar, sintetizar e inventar soluções.

Cabe destacar o artigo 4º da resolução CNE/CES - 11, que ressalta que o engenheiro deve ter conhecimentos para certas competências e habilidades, das quais destacamos:

- “aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia”;
- “projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados”;
- “identificar, formular e resolver problemas de engenharia”;
- “desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas”;
- “comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica”

Sob esse enfoque percebemos que a utilização do portfólio na área de Engenharia surgiu pela verificação sistemática observada pelas autoras, da pequena capacidade dos alunos de prestar atenção, abstrair e questionar, da não aplicação da teoria para a vida cotidiana, da não atribuição de significados em experimentos simples relacionados a conceitos teóricos. De forma genérica nota-se que o estudo pelos alunos não é contínuo, que a leitura das notas de aula e de livros textos é pouca, que há uma limitada capacidade de registrar aulas, relatar observações e refletir sobre conteúdos. E como reverter este processo? Como permitir que alunos sejam autônomos, que tenham a capacidade de governar a si mesmos, decidir entre o certo e o errado na esfera moral e entre a verdade e inverdade na esfera intelectual (KAMII e HOUSMAN, 2002)?

Para as autoras, uma resposta viável para o desenvolvimento do raciocínio científico envolve a utilização por parte dos alunos e do professor do portfólio, o qual se pretende que de um lado propicie a criação de uma interação entre professor e aluno e de outro lado que oriente o aluno na construção do pensamento autônomo e no processo de aprendizagem de uma forma contínua.

4.1 Descrição do portfólio para ciências de fenômenos de transporte

O portfólio está sendo usado pelas autoras como um meio de construção do pensamento científico em fenômenos de transporte. Está dividido em duas partes de acordo com as disciplinas Fenômenos de Transporte I e Fenômenos de Transporte II. A primeira disciplina está relacionada com o estudo das leis de conservação e sua aplicação para o estudo do comportamento de fluidos. A segunda disciplina, continuação da primeira, está relacionada com o estudo do transporte de energia. O portfólio de cada uma destas disciplinas contempla atualmente cerca de 150 páginas, as quais foram organizadas pelas autoras e contêm textos, figuras, perguntas, lacunas e páginas em branco, a serem preenchidas pelo aluno (um exemplo das páginas 35 a 39 do portfólio da disciplina de fenômenos de transporte II é apresentado no apêndice A). Fazem ainda parte do portfólio, listas de exercícios distribuídas pelas autoras que devem ser resolvidas durante e fora do expediente letivo, artigos sugeridos para a leitura e qualquer outro material que o aluno tenha utilizado durante o seu estudo. Os arquivos preparados pelas autoras e que compõem o portfólio são acessíveis pela internet pelo endereço meusite.mackenzie.com.br/miriamtg/index.htm.

O portfólio contém uma introdução e um apêndice em que breves textos sobre teorias de aprendizagem e sobre a filosofia da ciência são expostos, os quais são acompanhados de perguntas, as quais devem ser respondidas pelos alunos. Exemplos de perguntas para alunos são: “Existe diferença entre o pensamento científico e o pensamento do senso comum? Qual a importância de cada um destes? Qual o papel do questionamento para a construção do conhecimento? Perceber alguma coisa que causa um incômodo ou conflito com nossas idéias é importante para a aprendizagem? Por quê? Como uma teoria científica pode ser construída? As teorias científicas são verdades? É possível alcançar a verdade científica? E o conhecimento?”.

O portfólio contém um apêndice com perguntas sobre conhecimentos prévios adquiridos em outras disciplinas cursadas na Universidade, algumas das quais são seguidas de respostas para que o aluno possa comparar os seus pensamentos com aqueles aceitos pela comunidade

científica. Também consta do portfólio um apêndice em que se colocam diferentes metodologias de resolução de problemas na visão de diferentes autores e em que se questiona o aluno sobre a sua metodologia de resolução de problemas. Dados experimentais que serão enfatizados em aula também constam do portfólio, ou em apêndice ou no próprio texto corrido.

Como o portfólio corresponde também “ao caderno de anotações do aluno”, tudo que é feito em aula deve ser anotado no portfólio em aula ou em casa. Cada novo assunto é precedido pela reflexão sobre os assuntos já trabalhados na disciplina e sobre os conhecimentos prévios, numa abordagem contínua, para que se perceba a alteração de pensamento sofrida pelos alunos. Para todo novo conteúdo conceitual ou factual a ser trabalhado em sala de aula, cria-se também um problema motivador colocado no portfólio. Dá-se preferência para a realização de experimentos em sala de aula como problemas motivadores, mas em determinadas situações ou um problema a ser resolvido pelos alunos é postulado ou então apresentam-se textos históricos com perguntas que ensejam o assunto a ser desenvolvido em aula. Recorremos também à análise de fotografias e filme como meios de promoção da aprendizagem de novos conteúdos.

Constam do portfólio, espaços em branco a serem preenchidos com a discussão da realização dos experimentos em sala de aula, a partir dos quais os alunos são conduzidos ao desenvolvimento de uma teoria científica pelas docentes. Seguidos ao espaço em que os alunos apresentam as suas discussões são apresentados os pensamentos da comunidade acadêmica sobre os conteúdos conceituais e factuais em desenvolvimento. São colocados ou citados diversos textos para estudo extraídos de artigos, dos livros textos ou de outros livros condizentes com o tema. Procura-se apresentar um mesmo conteúdo na visão de diferentes autores para que o aluno se aperceba das semelhanças e diferenças nas diversas preleções e para que este possa se manifestar criticamente em relação aos textos escritos, manifestando a sua concordância ou discrepância e também para que este se aperceba das semelhanças e diferenças nos relatos acadêmicos.

O portfólio dá ênfase ao objetivo do estudo, ao uso da história para a apresentação do conteúdo; ao relato das observações e discussão em aula e os espaços em branco também devem ser preenchidos pelos alunos com suas explicações teóricas e com seus estudos realizados fora do horário letivo. Para auxiliar os alunos em seu estudo, constam do portfólio questões para reflexão, que visam a gerar situações de incômodo, ou que apresentem subsídios para a significação e/ou fixação de conteúdos. Incluímos também exercícios procedimentais e exercícios de modelagem matemática de fenômenos. O objetivo é destacar os procedimentos de resolução de problemas, ou seja, pretende-se trabalhar com os conteúdos procedimentais de aprendizagem e também com o domínio da linguagem matemática, a qual segundo Galileo é base de comunicação e compreensão do raciocínio em ciências. Finalmente, também estão presentes no portfólio preferencialmente na forma de apêndices orientações para a interpretação das experiências realizadas (o que se observou, qual é o foco da teoria e quais perguntas se deve fazer) para que o aluno possa comparar o que foi feito em aula com o planejamento do professor, ou seja, novamente trabalha-se aqui com os conteúdos procedimentais. Deseja-se que o aluno se aperceba do procedimento de construção do pensamento conduzido pelo professor.

Como o mote das disciplinas de fenômenos de transporte é a ruptura com o pensamento do senso comum através de um pensamento científico embasado nas ciências de fenômenos de transporte, espera-se que esta ruptura se dê na forma de observação e interpretação científicas de fenômenos, na construção de modelos matemáticos para estes fenômenos, no domínio da linguagem matemática e de termos científicos e na habilidade de construção de teorias científicas.

Com relação aos conteúdos conceituais, factuais, procedimentais e atitudinais (COLL *et al.*, 1996), espera-se que a aprendizagem de conceitos seja favorecida quando um experimento é realizado para o estabelecimento de um novo conceito, uma vez que as conclusões devam

ser elaboradas pelos alunos a partir de suas observações, sendo desenvolvidas habilidades cognitivas além do conhecimento específico. Com relação a conteúdos atitudinais, pretende-se e percebe-se uma atitude ativa em aula no sentido que se deve prestar atenção onde preencher o portfólio, não sendo a aula uma mera cópia da lousa. O mesmo se pretende com o estímulo à leitura de livros, os quais cremos serem instrumentos para a autonomia educacional.

4.2 Relato das observações das docentes

Nossa experiência com a construção de portfólios pelos alunos da graduação em Engenharia é recente e ainda precisa de ajustes. Em todo caso, esta ferramenta tem se mostrado um importante instrumento para desenvolver as habilidades aqui mencionadas e tão pouco enfatizadas nas práticas tradicionais de ensino.

Percebemos uma relação entre a nota da prova e a nota do portfólio que diz, com raras exceções, que quanto maior a dedicação do aluno no preenchimento e elaboração do seu portfólio melhor a nota obtida nas provas de avaliação. A participação dos alunos em aula se tornou mais ativa e desta forma conseguimos impor um ritmo mais intenso nas aulas. O número de alunos que participa das aulas também aumentou com a atividade de portfólio, já que o seu preenchimento é obrigatório.

Com relação ao material escrito pelos alunos, notamos que a leitura de alguns textos constantes do portfólio não foi compreendida pelos alunos. Isto se verificou através das respostas dos alunos que consistiam na transcrição de frases dos textos que pareciam se relacionar com as perguntas. Adicionalmente, notamos uma forte tendência dos alunos à assimilação de conceitos prévios para explicar os novos fenômenos propostos. Existe também uma grande resistência dos alunos à construção de modelos matemáticos para os fenômenos estudados. Notamos que os alunos têm dificuldades de explicar determinados efeitos quando relacionados a conhecimentos prévios muitas vezes insuficientes. Assim, pudemos constatar que o portfólio nos possibilitou a diagnosticar dificuldades de aprendizagem pelos alunos ao longo de todo o semestre letivo.

4.3 Relato dos alunos

Ao final do semestre letivo temos por hábito passar um questionário de avaliação da disciplina em que os alunos podem externar as suas opiniões. Incluímos nesta avaliação questões específicas à utilização do *portfolio*. Alguns alunos se queixam da extensão do portfólio e do trabalho que têm ao preenche-lo. Criticam a inclusão de visões de diferentes autores e de textos de filosofia e pedagogia. Um aluno chegou a comentar que os alunos de graduação não têm maturidade para proceder a um estudo contínuo, o que se confirmou em inúmeras cópias encontradas. Outros elogiam o material, por “conter tudo de que precisam” para estudarem a disciplina. Outros alunos ressaltam que através do portfólio podem se organizar melhor para estudar a disciplina e entender melhor o que é feito em aula. Um outro fator curioso é que a avaliação do desenrolar da disciplina melhorou quando da aplicação do portfólio. Constam como itens da avaliação as seguintes indagações: as aulas teóricas são importantes para a aprendizagem? As aulas são interessantes? Em que sentido a disciplina contribuiu para a sua ruptura com o pensamento do senso comum? Que tipo de estudo você pratica: um estudo superficial ou profundo?

5. UMA PROPOSTA DE CONDUTA DOCENTE

Neste item objetivamos discutir em que medida a análise do portfólio corresponde a um procedimento de avaliação continuada e a um instrumento indicativo para o planejamento e promoção de ajustes nas estratégias de ensino.

LIBÂNEO (1994) apresenta uma definição feita pelo educador Cipriano Carlos Luckesi sobre avaliação, em que preconiza que “a avaliação é uma apreciação qualitativa sobre dados relevantes de ensino e aprendizagem que auxilia o professor a tomar decisões sobre o seu trabalho”. Assim, entender a avaliação significa compreender a extensão dos termos “apreciação qualitativa”, a maneira como dados serão coletados de forma que a apreciação possa ser feita, a qual visa à tomada de decisões. Atualmente reconhece-se que a avaliação possa ser feita em três momentos (BASSEDAS *et al.*, 1996), correspondendo a três tipos, classificados como avaliação inicial, formativa e somatória (esta última correspondendo a uma avaliação final).

Interpretamos o uso do portfólio como um instrumento de avaliação formativa e inicial. No último caso, a avaliação ocorre quando os alunos são indagados de seus conhecimentos prévios. Contudo é na avaliação formativa que vemos uma maior utilidade para a aplicação do portfólio e apenas desta é que trataremos a seguir. Segundo BASSEDAS *et al.* (1996), percebe-se que esta avaliação não ocorre em nenhum momento específico do curso, mas deve ser feita ao longo de todo o curso. A realização desta avaliação é fundamental para que o docente não perca o contato e comunicação com os alunos, para que saiba de suas dificuldades e possa introduzir alterações na disciplina e na condução das aulas antes que seja tarde demais. Serve também para manter a motivação dos alunos.

Assim deve-se compreender a avaliação como parte integrante do processo de ensino/aprendizagem. E para que a avaliação seja formativa e certificativa deve estar orientada para as competências. Segundo PERRENOUD (2000), para desenvolver competências é preciso trabalhar por resolução de problemas e por projetos, propor tarefas complexas e desafios que incitem os alunos a mobilizarem seus conhecimentos e completá-los. “Ensinar atualmente deve ser conceber e regular situações de aprendizagem seguindo princípios pedagógicos ativos construtivistas”. Ainda segundo este autor, “os professores desenvolverão competências quando se perceberem como organizadores de situações didáticas e de atividades que tenham sentido para os alunos, envolvendo-os e gerando aprendizagens fundamentais”.

Dessa forma percebe-se o portfólio como um modelo de avaliação, com reflexões e (re) significações que acontecem num processo contínuo. Através do portfólio pretende-se:

- transformar a avaliação num instrumento de desenvolvimento da autonomia, da auto estima e do pensamento crítico dos alunos.
- que o professor atue na criação, na gestão e na regulação das situações de aprendizagem, atuando como um analista do processo de aprendizagem, assim como um verificador da sua própria conduta pedagógica;
- promover uma avaliação mais efetiva ou curricularmente adequada, de forma que se possa alterar a avaliação meramente classificatória;
- considerar a atuação do portfólio como um eixo organizador do trabalho pedagógico das disciplinas de Fenômenos de Transporte nos cursos de Engenharia.

Contudo para que ocorra a avaliação formativa, o docente deve intervir com frequência na realização dos portfólios, lendo-os e comentando-os com os alunos. As nossas salas de aula de engenharia constam normalmente de pelo menos 30 alunos. Não é raro em um semestre um docente ter em suas disciplinas de fenômenos de transporte um total de noventa alunos. Assim, a aplicação da prática de portfólios de 150 páginas para 90 alunos, torna a avaliação continuada dos mesmos impraticável. A leitura por amostragem permite efetuar correções na conduta docente, mas não possibilita um retorno a cada aluno sobre os seus progressos e dificuldades na aprendizagem. Assim, a atividade de portfólio aqui proposta necessita de alguns ajustes. Temos como meta, continuar a trabalhar com os mesmos, mas a nossa atividade de monitoramento se resumiria à análise de apenas algumas páginas, que conteriam algumas perguntas chave ou a resolução de exercícios e problemas considerados críticos para a aprendizagem. Ocasionalmente, o relato de alguns experimentos seria analisado, uma vez

que as autoras deste trabalho entendem que a capacidade de observação científica é inerente ao conhecimento científico e à autonomia educacional.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos neste trabalho o uso de portfólios como um meio de construção do conhecimento científico pelo aluno, intermediado pelo professor. Constatamos que a elaboração do portfólio, permite a promoção no aluno das competências requeridas pela resolução CNE/CES 11, destacadas no item 4 deste trabalho. Assim, a construção do portfólio pelo aluno contribui para a sua formação de um ente capaz de inovar e pensar cientificamente.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto Presbiteriano Mackenzie, entidade educacional voltada ao desenvolvimento científico e tecnológico por intermédio do MACKPESQUISA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

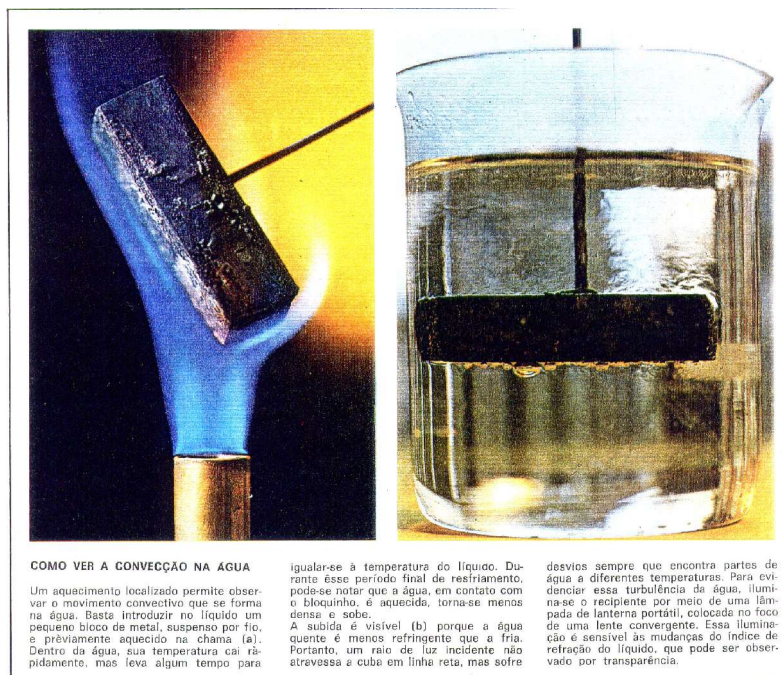
- ALVES, R. **Filosofia da Ciência: Introdução ao Jogo e suas Regras**. Edições Loyola, 2002.
- BASSEDAS, E.; HUGUET, T.; SOLÉ, I. **Aprender e ensinar na educação infantil**. São Paulo: Artmed, 1996.
- CAVALCANTE, M. O trabalho vira portfólio. **Nova Escola On-Line**. n.160, março 2003.
- COLL, C.; MARTIN, E.; MAURI T.; MIRAS, M.; ONRUBIA, J.; SOLÉ, I.; ZABALA, A. **O Construtivismo na Sala de Aula**. São Paulo: Editora Ática, 1996.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. São Paulo: Editora Paz e Terra, 25ª edição, 2002.
- GOLDFARB, A.M. A. **Da Alquimia à Química**. São Paulo: Editora Landy, 2001.
- KAMII, C; HOUSMAN, L. B. **Crianças Pequenas Reinventam a Aritmética**. São Paulo: Editora Artmed, 2º edição, 2002
- LIBÂNEO, J.C. **Adeus Professor, Adeus Professora**. São Paulo: Editora Cortez, 2002.
- LIBÂNEO, J.C. **Didática**. São Paulo: Cortez Editora, 1994.
- MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino: As Abordagens do Processo**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.
- MORAN, J.M. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. Campinas: Papyrus, 2002.
- PERRENOUD, P. Fala Mestre. **Nova Escola On-Line**. n.135, set. 2000.
- POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. **Science Education**, v. 66, p.211-227, 1982.
- Resolução CNE/CES 11 de 11 de março de 2002- www.mec.gov.br/cne/pdf/CES112002.pdf
- SCHULTZ, D. P.; SCHULTZ, S. E. **História da Psicologia Moderna**. Editora Cultrix, 2001. www.crea-rj.org.br/crea/divulgacao/publicacoes/revistas/revista14/Atecnologia.htm

APÊNDICE A – páginas 35 a 39 do portfólio de Fenômenos de Transporte II

Experiência 7: troca térmica entre água e sólido quente

Refletindo sobre os seus conceitos prévios:

Como a água é aquecida no experimento conduzido em aula? O que pôde ser observado?
(*espaço para anotações dos alunos*)



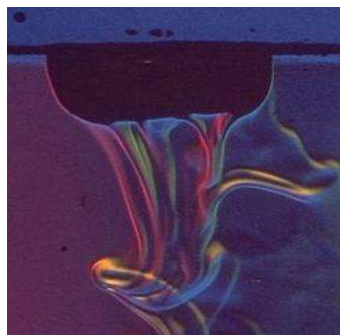
(figura extraída de Ciência Ilustrada da Abril Cultural, v. 3, p. 778, 1973, material cedido por Julio César Justo, aluno da turma 5C de FTII de 2003)

Existe alguma semelhança entre os fenômenos observados em aula e o que se vê sobre o asfalto em dias quentes?

(espaço para anotações dos alunos)

Observe agora o gelo em água:

(espaço para anotações dos alunos)



Experiência 8: voltando ao estudo da vela, de que forma energia é transferida da colher para o ar?

Refletindo sobre os seus conceitos prévios:

Ocorre transferência de calor da colher para o ar? De quê forma?

(espaço para anotações dos alunos)

Relato das observações e discussão em aula – foco: interface colher/ar:

(em casa, complete as suas anotações, tendo em vista os questionamentos apresentados no apêndice G).

Mote: explicar a transferência de calor na interface sólido/fluido ou fluido/fluido.

(espaço de 1 página e meia para anotações dos alunos)

• transferência de calor pelo mecanismo da **convecção**:

características principais: **dois meios distintos, sendo um fluido** (sólido-fluido, fluido-fluido). Envolve movimentação macroscópica (por **convecção natural** – forças de empuxo – movimento induzido por diferença nos valores de densidade **ou por convecção forçada** – forças que induzem velocidade no fluido – diferença de pressão, máquinas, etc., com ou sem mudança de fase) de porção fluida (**advecção**) – transporte de energia interna associada à partícula em movimento, associada com o efeito da **condução** (difusão) **na camada limite térmica**, ou seja, é **fenômeno de interface**. Em conclusão, **convecção = advecção + condução**.

Nas palavras de Incropera & De Witt:

“O modo de **transferência de calor por convecção abrange dois mecanismos**. Além de transferência de energia devido ao **movimento molecular aleatório (difusão)**, a energia **também** é transferida através do **movimento global ou macroscópico do fluido**. (...) Uma vez que as moléculas nos agregados moleculares mantêm seus movimentos aleatórios a transferência total de calor é **então composta pela superposição do transporte de energia devido ao movimento aleatório das moléculas com o transporte devido ao movimento global do fluido**. É comum usar o termo *convecção* para se referir a este transporte cumulativo, e o termo *advecção* para se referir ao transporte devido exclusivamente ao movimento global do fluido.” (Incropera & De Witt, pg. 4)

Observação importante: na prática da engenharia, confunde-se o termo advecção com convecção, i.e. convecção também é sinônimo de advecção, mas advecção não incorpora a condução. Recomendamos usar o termo convecção como sendo a combinação de advecção e condução para maior clareza. Condução e difusão são considerados sinônimos, é mais comum se falar de condução térmica e difusão mássica, embora em balanços de energia microscópicos o termo difusão térmica é muito comum.

Exercício de reflexão crítica: procure em um bom dicionário (indique o título completo da obra consultada, autor, edição, número de páginas) as explicações para as palavras *difusão*, *condução*, *convecção* e *advecção*.

(espaço para anotações dos alunos)

equação empírica: **Lei de resfriamento de Newton (século XVII)**

$$q'' = h(T_1 - T_2)$$

sendo que h (é uma propriedade de transporte) é conhecido como coeficiente de película ou coeficiente de transferência de calor por convecção ou coeficiente de transmissão de calor por convecção ou coeficiente de convecção, ...

PORTFOLIOS AS A TOOL FOR THE SCIENTIFIC THINKING CONSTRUCTION: AN APPLICATION TO THE SCIENCE OF TRANSPORT PHENOMENA IN ENGINEERING COURSES

Míriam Tvrzská de Gouvêa - miriamtg_br@yahoo.com
Esleide Lopes Casella – ecasella@uol.com.br
Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie
Departamento de Engenharia de Materiais
R. da Consolação, 896, prédio 06
CEP 01302-907 - São Paulo- SP

Abstract: *There is a gap between what students should be like and what they are. Autonomous thinking is the ultimate goal of engineering education. However, the Brazilian reality shows students with limited capacity of writing reports and of scientific accurate observation and discussion. In this paper we present one possible way to overcome this gap. We discuss the usage of a portfolio as a mean of both establishing an interaction between students and professors and providing the students directions for their continuous learning and construction of an autonomous scientific thinking. In their portfolios the students are asked to record their observations, impressions, doubts, beliefs, thinking hypothesis, collection of data, resolution of exercises and problems, reflections on their readings of articles and books. Thus, the portfolio acts as a diary of the learning process. In this paper we also discuss the portfolio as a tool for planning teaching strategies and for performing a continuous evaluation of the learning process. The discussion is based on our experience in working with portfolios in transport phenomena classes for the electrical and materials engineering courses at Universidade Presbiteriana Mackenzie.*

Key-words: *portfolio, scientific thinking, transport phenomena, constructivism, conceptual change.*