

Capítulo I

APRENDIZAGEM ATIVA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Valquíria Villas-Boas

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Octavio Mattasoglio Neto

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia
Escola de Engenharia Mauá – CEUN-IMT

André da Silveira Perez Censon

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia
Escola de Engenharia Mauá – CEUN-IMT

Antônio Néelson Rodrigues da Silva

Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo - USP

Carlos Alberto Prado da Silva Junior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE

Cristiano Gomes Casagrande

Faculdade de Engenharia
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Danilo Pereira Pinto

Faculdade de Engenharia
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Edilene Amaral de Andrade Adell

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia
Escola de Engenharia Mauá – CEUN-IMT

Francisco José Gomes

Faculdade de Engenharia

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Gabriela Ribeiro Peixoto Rezende Pinto
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS

Hernane Borges de Barros Pereira
Programa de Modelagem Computacional, SENAI CIMATEC

Hernani Luiz Brinatti
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP

Isolda Giani de Lima
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Ivete Ana Schmitz Booth
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Universidade de Caxias do Sul – UCS

José Aquiles Baesso Grimoni
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP

Laurete Zanol Sauer
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Marcello Nitz da Costa
Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia
Escola de Engenharia Mauá – CEUN-IMT

Mardel Bongiovanni de Conti
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP

Oswaldo Shigueru Nakao
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP

Teresinha Fróes Burnham
Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia - UFBA

SUMÁRIO

1. Introdução	4
2. Aprendizagem Ativa	8
2.1. Estratégias Pedagógicas de Aprendizagem Ativa	10
2.2. Breve Descrição das Estratégias	11
2.3. Referencial Teórico	15
3. Algumas Experiências de Aplicação de estratégias de Aprendizagem Ativa nas Escolas de Engenharia no Brasil	18
3.1. A experiência do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)	19
3.2. A experiência do curso de Engenharia de Computação da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)	27
3.3. A experiência do curso de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul – UCS	33
3.4. A experiência da disciplina Introdução à Engenharia na Escola de Engenharia Mauá – EEM	40
3.5. A experiência dos cursos de Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP	46
3.6. Um levantamento sobre a aplicação de P3BL em cursos de graduação em transporte e mobilidade recentemente implantados no Brasil	52
4. Alguns Elementos levantados da Discussão na Sessão Dirigida de Aprendizagem Ativa	57
4.1. A avaliação da aprendizagem	58
4.2. Avaliação das estratégias de aprendizagem	59
4.3. Receptividade dos estudantes às abordagens de aprendizagem ativa	60
4.4. Receptividade dos professores às abordagens de aprendizagem ativa	61
4.5. As abordagens ativas e os conteúdos a serem desenvolvidos	61
4.6. As abordagens ativas e as disciplinas em que se inserem	62
5. Considerações Finais	63
6. Referências Bibliográficas	64
7. Lista de Presentes	74

1. INTRODUÇÃO

Fortemente interligados ao contexto social e econômico, os engenheiros exercem influência fundamental em sua transformação, mas também recebem influências dessas alterações, seja como seres humanos, seja como profissionais. O que merece destaque é que o contexto social e econômico no qual atuam, vem se alterando radicalmente desde a implantação dos cursos destinados à sua formação, em fins do século XVIII, e que o trabalho do engenheiro acelera e aprofunda estas mudanças, quando se observa os últimos decênios do século XX e o início do século XXI (SILVEIRA, 2005).

Uma síntese dessa dinâmica, que prossegue de forma acelerada, pode ser encontrada em Scarvada (2001):

A Revolução Industrial [...] mudou definitivamente os mecanismos de uso do conhecimento técnico e científico. As sociedades passaram, desde então, de agrárias e artesanais a industriais, com manufaturas mecanizadas [...]. Ao final do século XIX pode-se observar novas características, muitas vezes associadas, pelos historiadores, a uma segunda revolução industrial, englobando a descentralização da fonte de energia mecânica, o estabelecimento de processos de produção em massa, com o fordismo, gerando produtos com baixos custos, acessíveis aos empregados da indústria; início da automação e do fluxo automático de materiais e informação; desenvolvimento da indústria química; uso das ciências para criar conhecimento e exigência de maior nível de habilidades e compreensão no processo produtivo, necessitando maior qualidade e universalização da escola elementar [...] A engenharia apóia-se na ciência e Taylor, ainda que com visão mecanicista, confere à administração caráter científico.

Essa alteração de paradigmas, que levou dois séculos para se consolidar, não manifesta sinais de acomodação, pelo contrário, se recrudescer com maior velocidade de ocorrência e efeitos drasticamente impactantes ao longo das últimas décadas, caracterizando a Terceira Revolução Industrial, com componentes bem conhecidos (SILVEIRA, 2005; FRIEDMAN, 2006) como a descentralização da “inteligência”, viabilizada pela evolução ininterrupta das tecnologias de informação e comunicação - TICs; redução constante do valor intrínseco das matérias primas e *commodities*; intensificação da modularização e padronização,

gerando estratégias empresariais como terceirização, *offshoring*, *outsourcing* e *insourcing*; fortalecimento da automação sistemática; maior valor da inovação - novos produtos com valor econômico - não associada somente às grandes indústrias, mas também aos pequenos negócios da sociedade de serviços e difusão “capilar” dos resultados da pesquisa e do conhecimento na inovação, para citar alguns.

Esse conjunto de ações resultou no que se denomina, segundo posição consensual na literatura, de “Tripla Convergência”, que estabelece as bases de uma nova plataforma global (FRIEDMAN, 2006). Resultante dos novos paradigmas e procedimentos que passaram a integrar o cotidiano, a reestruturar a base produtiva, os mundos acadêmico e empresarial e os procedimentos em geral, a “Tripla Convergência” também tem impacto profundo sobre as engenharias e o perfil de seus profissionais.

De forma geral, a sociedade - e o meio acadêmico - começou a reagir positivamente às demandas colocadas pela sociedade, em formas e intensidades variadas (BOYER, 1998). Observa-se, como respostas às mudanças, o aparecimento de novos cursos, habilitações, modalidades e especializações, além da necessidade de contínua adaptação dos já existentes e, que não pode ser atendida apenas pela criação de cursos de pós-graduação. As questões que devem ser respondidas diante da criação ou mudança de cursos de engenharia passaram a ser repetidas ou recolocadas com grande frequência, exigindo metodologias mais sistemáticas para sua abordagem e, quando necessário, alterações.

Tentativas institucionais de reestruturação da educação em engenharia tiveram início a partir dos anos 80, sendo que as ocorridas nos Estados Unidos da América (EUA) são paradigmáticas. Pode-se assinalar, inicialmente, a formação das *Engineering Education Coalitions* em 1989, decorrente de iniciativa da *National Science Foundation – NSF*, buscando alcançar os objetivos de aumento dramático tanto da qualidade da educação em engenharia quanto do número de graduados, incluindo as mulheres e os segmentos minoritários. Foram estabelecidos projetos, implementações, avaliações e disseminação das novas estruturas e enfoques com impacto em todos os aspectos da educação em engenharia, adicionalmente ao estabelecimento de uma estrutura de inter-relações entre as instituições de engenharia nos EUA, pequenas e grandes (COWARD, 2000).

Um segundo marco referencial ocorre em 1966 quando a *U. S. Accreditation Board for Engineering and Technology – ABET* (ABET, 2011) adota novo conjunto de padrões, conhecidos como *Engineering Criteria 2000 - EC2000*, considerado totalmente revolucionário para a época como critério de acreditação de cursos (EC2000, 2011). O *EC2000* alterou, radicalmente, as bases de acreditação, utilizando não mais as “entradas” – o que é ensinado – mas sim as “saídas” – o que é aprendido. Os novos critérios especificam onze impactos de aprendizagem e requer que os programas avaliem e demonstrem os ganhos dos estudantes em cada um destes tópicos. O *EC2000* mantém os padrões tradicionais de avaliação focados no desenvolvimento do conhecimento matemático, científico e técnico dos estudantes, mas enfatiza também o desenvolvimento de outras habilidades profissionais como a solução de problemas não estruturados, comunicação efetiva e trabalho em equipe. Adicionalmente, o “*EC2000*” reforçou a consciência da necessidade das considerações éticas e contextuais no trabalho do engenheiro.

Destaca-se, a seguir o *Washington Accord*, assinado em 1989, o *Sydney Accord*, assinado em 2001 e o *Dublin Accord*, assinado em 2002, que são acordos multilaterais entre grupos de agências oficiais, responsáveis pelas acreditações ou reconhecimento das qualificações da engenharia, em sua jurisdição e, cada qual com sua especificidade (ABET, 2011). Essas agências passam agora a planejar conjuntamente suas atividades para fortalecer o suporte à globalização e ao reconhecimento mútuo das qualificações dos engenheiros.

Sob a direção da *National Academy of Engineering – NAE*, o projeto *The Engineer of 2020* (COMMITTEE, 2005) aparece a seguir como uma tentativa de, por meio de cenários, predizer o papel da engenharia no futuro, traçar uma base conceitual que possibilite posicionar a educação em engenharia nestes cenários e, antecipando-se, traçar estratégias frente aos desafios que se colocarão para estes profissionais. O trabalho possui características diferenciais ao considerar a questão sob a ótica dos diversos ramos da engenharia e examiná-los a partir de uma visão ampla. O foco principal, não se afastando da perspectiva da prática global da engenharia e sua relação com a formação, é o futuro da educação em engenharia (NATIONAL, 2004).

Embora considerando a formação dentro de ampla perspectiva, e não só das engenharias, há que se fazer referência à Declaração de Bolonha, assinada em 1999 por 29 países europeus, que busca

estabelecer um Espaço Europeu de Educação Superior. O espírito desta Declaração, ao ser assinada, é que, em um horizonte de 10 anos, se incremente a competitividade europeia no âmbito internacional e melhore a compatibilidade, a transportabilidade e a transparência de seus diferentes sistemas de educação superior, reconhecendo e respeitando a diversidade e autonomia dos países e suas instituições (BOLOGNA, 2011).

Todos estes esforços, em momentos e com formulações distintas, possuem em comum o fato de tentarem reequacionar os procedimentos de educação e formação universitária de forma a gerar perfis profissionais adequados às demandas da sociedade, haja vista que os novos conhecimentos, competências e valores até então praticados não se revelam mais adequados.

A reformulação da formação do perfil profissional do engenheiro coloca então demandas por novas metodologias, posturas pedagógicas diferenciadas e visões da relação ensino-aprendizagem mais consistentes. Nessa situação, a expressão “aprendizagem ativa”, ou “métodos ativos de aprendizagem”, vem recebendo atenção crescente dos educadores por constituir uma das respostas possíveis às novas demandas educacionais. Associam-se, naturalmente, a estas tendências, dúvidas e questionamentos sobre o real significado da expressão, haja vista que, para muitos docentes e pesquisadores, a educação expositiva tradicional também poderia ser considerada ativa, pois envolve “atividades” executadas pelos estudantes, materializadas nos trabalhos, exercícios e laboratórios. Torna-se válido, neste contexto, explicitar conceitualmente o termo e a inserção do presente trabalho neste arcabouço teórico (PRINCE, 2004).

A aprendizagem ativa pode ser considerada um conjunto de ações, ou eventos, planejados de forma que os participantes sintam-se motivados a processar, aplicar, interagir e compartilhar suas experiências, como parte do processo educacional (INSTRUCTION, 2010). De forma concisa, pode-se dizer que é qualquer método instrucional que incorpore os estudantes no processo de aprendizagem, o que requer, portanto, que eles executem atividades significativas de aprendizagem e raciocinem sobre o que estão fazendo (PRINCE e FELDER, 2006).

Aprendizagem Ativa e Educação em Engenharia constituem um par natural. O engenheiro é educado para projetar e construir soluções para problemas do mundo real. Originalmente, o ato de educar, em engenharia, costumava ter ligações muito estreitas com a sua prática, mas de forma gradual a educação em engenharia

passou a ser mais e mais baseada na teoria (GRAAFF e CHRISTENSEN, 2004). Infelizmente, nos dias de hoje, a pedagogia dominante para a educação em engenharia ainda tem sido “o giz e o discurso”, apesar de toda a pesquisa em educação que demonstra a sua ineficácia. No entanto, nos últimos anos, em muitos países esta tendência está sendo revertida.

Este capítulo traz um relato da Sessão Dirigida Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia ocorrida no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) em Blumenau em outubro de 2011. Esta sessão dirigida teve como principal objetivo conhecer o estado da arte das experiências em Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia no Brasil e experiências de pesquisa nesta área, bem como os pesquisadores envolvidos com este tipo de estratégia de aprendizagem, visando criar uma rede colaborativa para troca de experiências e uma base para consolidar esta linha de pesquisa no cenário nacional. Derivando do objetivo principal, há o de disseminar as estratégias pedagógicas de Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia entre os participantes do COBENGE 2011.

2. APRENDIZAGEM ATIVA

Para Escrivão Filho e Ribeiro (2009) a educação em engenharia no Brasil ainda utiliza projetos pedagógicos tradicionais, os quais possuem pouca relação com o contexto atual, e pouca integração entre os componentes curriculares ou disciplinas. Além disso, quase não há correlação entre teoria e prática e, a inserção no ambiente profissional é feita de forma tardia. Para Silvestre e colaboradores (SILVESTRE *et al.*, 2010) o grande desafio da educação em engenharia é implantar formas ativas de construção de conhecimento e que aproximem o estudante da realidade que irá encontrar no mercado de trabalho.

Tal como citado por Rodrigues da Silva (2010), é forte a pressão por mudanças no processo de formação dos engenheiros. A metodologia usualmente utilizada envolve, basicamente, aulas expositivas em sala e complementação por meio de resolução de exercícios numéricos e práticas de laboratório. Isso conduz os estudantes a adquirirem apenas as habilidades necessárias para conseguirem aprovação em provas e testes.

Assim, é consenso que, na grande maioria das instituições de ensino superior, e por consequência nas escolas de Engenharia

brasileiras, o modelo tradicional de ensino-aprendizagem, também conhecido como Aprendizagem Passiva, ainda reina absoluto. Nele, a aula expositiva centralizada no professor e as práticas de laboratório do tipo “receita de bolo” são as práticas vigentes. De acordo com Pimenta e Anastasiou (2002), embora os professores universitários possuam experiências significativas em suas áreas de atuação, ou tenham um grande embasamento teórico, predominam no geral, o despreparo e até um desconhecimento científico do que seja um processo de ensino-aprendizagem. Nesse contexto, o professor funciona como especialista e é uma figura cheia de autoridade. Os estudantes têm uma atitude passiva e adotam um estilo de aprendizagem dependente em um ambiente competitivo e individualista. Neste modelo, os estudantes ouvem o professor que acredita que o conhecimento, em geral fora de contexto, pode ser transmitido dele para os estudantes.

Por outro lado, a Aprendizagem Ativa é centralizada no estudante que é o principal construtor do seu conhecimento. Nela o estudante é levado a descobrir um fenômeno e a compreender conceitos por si mesmo e, na sequência, é conduzido a relacionar suas descobertas com seu conhecimento prévio do mundo ao seu redor (McGREW *et. al.*, 2000; FINK, 2003; PRINCE, 2004; FELDER & BRENT, 2009; BONWELL, 2011). Dessa forma, espera-se que o conhecimento construído tenha mais significado do que quando uma informação é transmitida ao estudante de forma passiva. De acordo com McGrew e colaboradores (2000), neste modelo, o professor tem o papel de facilitador no processo de ensino-aprendizagem e tem que atuar como um mediador atento no processo de construção do conhecimento de seus estudantes. O professor funciona como criador de ferramentas e de ambientes de aprendizagem contextualizados e favoráveis ao estilo de aprendizagem independente, colaborativo e transformador. Em outras palavras, neste modelo a ênfase é colocada no desenvolvimento das habilidades e das competências conceituais, atitudinais e procedimentais dos estudantes, dando possibilidades de um desenvolvimento cognitivo em níveis mais avançados, como análise, síntese e criação (ANDERSON *et. al.*, 2001).

Na Aprendizagem Ativa, através de atividades baseadas em projetos, colaborativas e centradas em soluções de problemas, os estudantes desempenham um papel vital na criação de novos conhecimentos que podem ser aplicados a outras áreas acadêmicas e profissionais.

2.1. Estratégias Pedagógicas de Aprendizagem Ativa

Diferentemente da aprendizagem passiva, a aprendizagem ativa não possui técnicas e sim estratégias. Segundo Portilho (2009) os dois termos são comumente classificados como sinônimos, mas na realidade têm significados distintos. Estratégia é um termo militar utilizado para denominar a arte de dirigir operações na condução de conflitos baseado em um conjunto de regras que asseguram uma decisão adequada a cada momento. Por outro lado a técnica é o conjunto de processos de uma arte ou ainda maneira, jeito ou habilidade especial de executar uma determinada tarefa. Pode-se concluir que em uma estratégia os indivíduos envolvidos devem compreender o que e o porquê de estarem desenvolvendo tal atividade. Uma estratégia envolve um conjunto de técnicas que por sua vez podem ser executadas sem que os envolvidos tenham plena consciência do que estão executando.

Muitos autores (BRODEUR *et. al.*, 2002; SRIDHARA, 2005; FALAND e FRENAY, 2006; GRAAFF e KOLMOS, 2007; DU *et. al.*, 2009; PASCUAL, 2010) têm proclamado as estratégias pedagógicas de Aprendizagem Ativa tais como a Aprendizagem baseada na Resolução de Problemas (do inglês *Problem-based Learning - PBL*) e a Aprendizagem baseada em Projetos (do inglês *Project-oriented Learning - POL* ou *Project-based Learning - PBL*), como metodologias naturais para a educação em engenharia, uma vez que estas metodologias se enquadram tão bem na prática da engenharia. Além dessas, outras estratégias de aprendizagem ativa têm sido muito utilizadas nas disciplinas básicas e técnicas dos cursos de engenharia, tais como: *Peer Instruction* (MAZUR, 1997; CROUCH, 1998; CROUCH e MAZUR, 2001), *Think-Pair-Share* (LYMAN, 1981), *In-Class Exercise Teams* (FELDER, 1994; FELDER, 1997), *Cooperative Note-Taking Pairs* (JOHNSON *et al.*, 1998), *Guided Reciprocal Peer Questioning* (KING, 1993), *Thinking-Aloud Pair Problem Solving* (LOCHHEAD e WHIMBLEY, 1987), *Minute Paper* (ANGELO e CROSS, 1993) e *Just-in-Time Teaching* (NOVAK *et al.*, 1999; SIMKINS e MAIER, 2010).

Com a aplicação dessas estratégias, evidentemente, não se pretende “encher” a cabeça dos estudantes com conhecimento, mas sim fornecer a eles um ambiente de aprendizagem bem adaptado, que lhes permita “aprender a aprender”, e ao mesmo tempo adquirir uma combinação de conhecimento, habilidades e atitudes

necessárias para desenvolver as competências profissionais necessárias a um engenheiro.

Em resumo, pode-se dizer que as estratégias pedagógicas de Aprendizagem Ativa incluem um grande leque de atividades que compartilham o elemento comum de envolver os estudantes em desempenhar tarefas e em pensar criticamente e criativamente a respeito das tarefas que estão desempenhando (BONWELL e EISON, 1991).

2.2. Breve Descrição das Estratégias

2.2.1. *Problem-based Learning* - PBL (Aprendizagem baseada em problemas)

É uma estratégia pedagógica centrada no estudante, que visa levá-los a aprender sobre o assunto no contexto de problemas reais, complexos e multifacetados (GRAAFF e KOLMOS, 2007). Trabalhando em equipes, identificam o que já sabem, o que precisam saber e como e onde acessar as novas informações que podem levar à resolução do problema. O papel do professor é o de facilitador da aprendizagem que fornece a estrutura adequada desse processo fazendo perguntas de sondagem, fornecendo os recursos apropriados, e conduzindo as discussões em classe, bem como planejando as avaliações dos estudantes. O *PBL* difere das estratégias educacionais convencionais especialmente por ter como objetivo principal a aprendizagem ativa do estudante. Seu propósito é potencializar o desenvolvimento de competências essenciais para o sucesso do estudante, tanto na esfera pública como na esfera privada.

O *PBL* (SAMFORD, 2006) foi proposto na década de 70 pela Escola de Medicina da *MacMaster University*, no Canadá, com o objetivo de promover o engajamento do estudante com sua aprendizagem. A partir dos casos clínicos apresentados pelos professores, os estudantes constroem seu próprio conhecimento buscando respostas para os casos apresentados.

A matriz conceitual do método *PBL* deriva-se do pensamento filosófico de John Dewey, que acreditava que a educação deve considerar, no processo de formação, a formulação explícita dos problemas de disposições mentais e morais em relação às dificuldades da vida social contemporânea. Por isso, para a conquista de seus propósitos educacionais, o método não descarta a necessidade de aulas “convencionais”, entretanto, a sua principal dinâmica ocorre a partir da discussão dos problemas, que é responsável pelo desenvolvimento dos estudos sobre um tema

específico do currículo. A discussão dos problemas ocorre principalmente nas Sessões Tutoriais - ST, a partir da formação dos Grupos Tutoriais - GT, que são normalmente constituídos por um professor Tutor e por 6 a 10 estudantes. Dentre esses estudantes, há a escolha de um para ocupar a função de coordenador e de outros dois para ocuparem a função de secretário de quadro e secretário de mesa. Após o coordenador e os secretários serem definidos, o problema a ser trabalhado é apresentado pelo tutor para todos os membros do grupo tutorial e, assim, inicia-se o processo de produção, apreensão, organização, gestão, representação e difusão do conhecimento. A dinâmica do método *PBL* é constituída, conforme explica Deslile (1997), por sete passos, que são responsáveis por orientar o GT em direção à solução dos problemas (DESLILE, 1997; BOUD e FELETTI, 1998; DUCH *et al.*, 2001; PINTO e BURNHAM, 2010; PINTO, BURNHAM e PEREIRA, 2009).

Conforme Ribeiro e Misukami (2004) há diferentes maneiras de se implementar *PBL*, porém em todas elas há um conjunto de atividades que partem da apresentação de um problema aos alunos, que organizam suas ideias em grupo, procurando compreendê-lo e solucioná-lo com o conhecimento que já possuem. A seguir destacam questões com base no que não compreenderam e planejam uma distribuição de tarefas visando esclarecê-las para, então, compartilharem com o grupo, integrando os novos conhecimentos, relacionando-os com o contexto do problema. Finalmente, realizam sua auto-avaliação e a avaliação dos colegas e do processo vivenciado.

2.2.2. *Project-oriented Learning - POL (Aprendizagem orientada por projetos)*

É uma estratégia pedagógica na qual, grupos de estudantes estão ativamente envolvidos em abordar ou resolver problemas e/ou situações reais da vida profissional. A vantagem dessa abordagem é que eles aprendem a interagir uns com os outros e com a comunidade em torno deles, desenvolvem habilidades, adquirem conhecimento, desenvolvem atitudes e comportamentos que lhes permitem lidar melhor em um cenário de trabalho após a conclusão de seus estudos.

2.2.3. *Peer Instruction (Aprendizagem entre pares)*

É uma estratégia pedagógica criada por Eric Mazur para ajudar a tornar as aulas, em classes com grande número de estudantes, mais interativas e fazer com que os estudantes fiquem intelectualmente envolvidos com o que está acontecendo em sala de aula.

Nesta estratégia,

- O professor apresenta aos estudantes uma questão (normalmente de múltipla escolha) qualitativa, que é cuidadosamente construída para envolver as dificuldades dos estudantes com os conceitos fundamentais.
- Os estudantes consideram o problema por conta própria e contribuem com as suas respostas (em geral, votam eletronicamente) de forma que a fração da classe que dá cada resposta pode ser determinada e relatada.
- Na sequência, os estudantes discutem o problema entre si por mais ou menos 2 minutos tentando convencer seus pares do porque sua resposta é a correta e o grande grupo vota novamente.
- Por fim, o professor aborda a questão e suas diferentes respostas, abrindo espaço para uma discussão e esclarecimentos.

Esta estratégia, além de ter a vantagem de envolver o estudante e tornar a aula mais interessante, tem a enorme importância de dar *feedback* ao professor sobre em que estágio de aprendizagem a classe está e o que os estudantes sabem ou não.

2.2.4. Think-Pair-Share (Pense-Par-Compartilhe)

Nesta estratégia o professor faz uma pergunta para a classe e os estudantes devem pensar em uma resposta e anotá-la. Em seguida, os estudantes formam pares e discutem suas respostas. Aleatoriamente, o professor convida alguns estudantes a partilhar suas respostas.

2.2.5. In-Class Exercise Teams (Grupos resolvendo exercícios em sala de aula)

Nesta estratégia o professor solicita aos estudantes que formem grupos de 2 a 4 membros e que indiquem um membro para fazer os registros. Dependendo da complexidade da tarefa, o professor dará de 30 segundos a 5 minutos ou mais para diferentes tarefas, tais como:

- Relembrar o assunto estudado na aula (ou aulas) anterior(es)
- Responder ou gerar uma pergunta
- Iniciar a solução de um problema
- Desenvolver o próximo passo em uma derivação
- Pensar em um exemplo ou aplicação

- Compreender o porquê um determinado resultado pode estar errado
- Gerar uma tempestade de idéias a partir de uma questão (aqui o objetivo é a quantidade, e não a qualidade)
- Resumir o que foi tratado em uma aula

No final da aula, o professor recolhe alguns ou todos os registros gerados pelos grupos. Esta estratégia funciona para todos os tamanhos de classes e em todos os níveis de aprendizagem.

2.2.6. Cooperative Note-Taking Pairs (Tomando Notas Cooperativamente em Pares)

Nesta estratégia o professor solicita aos estudantes que formem pares para trabalhar juntos durante o período de aula. Depois de um curto segmento de aula, um colega resume suas anotações para o outro. O outro estudante adiciona informações ou corrige. O objetivo é para que todos possam melhorar a suas anotações.

2.2.7. Guided Reciprocal Peer Questioning (Questionamento guiado entre pares)

Nesta estratégia, o professor faz uma breve exposição sobre o assunto a ser trabalhado em aula (10 a 20 min.). Em seguida dá aos estudantes uma lista de pontos essenciais sobre o assunto apresentado. Os estudantes trabalham individualmente preparando questões sobre esses pontos, não sendo necessário que os mesmos sejam capazes de responder às questões por eles formuladas. Em seguida, o professor separa os estudantes em pequenos grupos para que possam discutir as questões uns com os outros. O professor passa de grupo em grupo levantando as questões mais significativas. Finalmente, o professor amplia a discussão das questões mais interessantes com toda a turma.

2.2.8. Thinking-Aloud Pair Problem Solving (Resolução em voz alta de problemas em pares)

Nesta estratégia, o professor propõe uma questão ou um problema e solicita aos estudantes que se agrupem em pares, onde um será o explicador (ou solucionador do problema) e o outro será o questionador. O explicador (ou solucionador do problema) lê o problema apresenta a solução passo-a-passo em voz alta. O questionador acompanha todas as etapas da resolução do problema questionando, sugerindo e anotando erros que ele venha a detectar. As perguntas que forem feitas não devem guiar o explicador para uma solução nem devem explicitamente destacar um erro específico. No entanto, o explicador pode comentar que um erro foi cometido. O

professor faz algumas perguntas aos grupos para saber em que estágio de resolução está o problema. Os estudantes trocam de papel e resolvem mais problemas.

2.2.9. Minute paper (Anotação do último minuto)

Nesta estratégia, o professor para a aula uns dois a cinco minutos antes de terminar e pede aos estudantes que anonimamente e individualmente escrevam (i) o(s) ponto(s) principal(is) da aula e (ii) o(s) ponto(s) menos claro(s) da aula. Na saída dos estudantes, o professor recolher as anotações. Depois da aula, o professor retoma ou analisa as anotações dos estudantes para verificar o entendimento dos mesmos sobre os assuntos tratados em aula. No encontro seguinte, o professor começa a aula, abordando questões comuns que foram anotadas pelos estudantes na “anotação do último minuto”. Variação: O professor pode proporcionar aos estudantes a opção de incluir seus nomes, para que ele possa tratar de questões individuais por e-mail.

2.2.10. Just-in-Time Teaching (JiTT) (Ensino na hora certa)

Esta estratégia promove engajamento ativo dos estudantes e maiores níveis de aprendizagem através de uma ligação intencional entre atividades realizadas fora da sala de aula e atividades realizadas em sala de aula. Inicialmente, fora da sala de aula, os estudantes respondem a um pequeno conjunto de questões que são disponibilizadas em um ambiente virtual sobre o material que será tratado na aula que está por vir e apresentando as suas respostas on-line poucas horas antes do início da aula. O professor estabelece um horário de corte para a apresentação das respostas, pois ele consultará as mesmas para preparar atividades, exercícios e problemas para a classe visando preencher as lacunas de aprendizagem identificadas nas respostas JiTT - "*just in time*".

2.3. Referencial Teórico

Promover situações de ensino que levem os estudantes a desenvolver habilidades de resolver problemas e de trabalhar com o desconhecido parece ser um caminho que potencializa a aprendizagem significativa. O desenvolvimento de aprendizagens estruturadoras não envolve apenas conceitos, mas habilidades complexas, praticamente inexistentes no meio educacional, bem como um tipo de conhecimento ainda não familiar à maior parte de professores e estudantes. (BOOTH *et al.*, 2008). É importante, nesse

cenário, fundamentar estudos e ações voltadas para a capacitação epistemológica e pedagógica do professor.

Nesse sentido, para que o engenheiro possa lidar com as situações que se apresentam em seu ambiente de trabalho, gerando resultados relevantes, levando em conta as expectativas atuais em relação ao seu trabalho, é necessário que ele seja capaz, não apenas de executar regras e instruções, mas de criar e de aperfeiçoar novas regras, de derivar novas e melhores possibilidades de interagir em seu meio, produzindo resultados de interesse.

É preciso, então, mudar a concepção do que seja ensinar e aprender e dos papéis do professor e do estudante, nesse processo. Com base em estratégias de aprendizagem ativa e significativa, que concebem o aprender como um processo relacionado à construção e ao estabelecimento de relações entre o novo e o que já se conhece, entende-se que, para ensinar, mais que expor e informar, é necessário incentivar o estudante a pensar, a fazer conjecturas, a ler e interpretar informações e, por meio delas, deduzir formas de resolver problemas, interagindo com colegas, refletindo sobre as ações desenvolvidas e tomando decisões. Dessa forma aumentam as possibilidades de que construa relações, aprendendo de forma ativa e significativa.

Em estratégias de aprendizagem ativa os ambientes de aprendizagem são estruturados de forma a desencadear a curiosidade, a motivação e o planejamento de ações por parte dos estudantes. Neste contexto, o professor planeja ações que visem repartir com o estudante a responsabilidade junto ao processo de ensino e aprendizagem. Com a característica da flexibilidade os problemas permitem a inserção, em seu enunciado, de questões com dimensões diferenciadas: objetivos de ensino, objetivos de curso, atividades experimentais, contextualização sociocultural dentre outros. Este, pois, parece ser um dos mecanismos para superar equívocos, impropriedades e perspectivas no trabalho com a educação em Engenharia.

Por exemplo, ao utilizar um problema como iniciador do processo de aprendizagem, a estratégia de *PBL* facilita a vivência de relações entre as ciências, bem como, é um potencial para a aplicação da interdisciplinaridade na sala de aula. Essa característica metodológica é necessária porque, em geral, o problema é um fenômeno de várias áreas do conhecimento e contém informações insuficientes para propor soluções, permitindo assim um caminho no qual o estudante possa construir seu próprio aprendizado ao tentar resolvê-lo.

Na base das estratégias de aprendizagem ativa, pode-se identificar as teorias de Piaget sobre a aprendizagem que envolve a assimilação e acomodação como formas de apropriação do conhecimento e uma abordagem sócio-construtivista (LEITE, 1991), com base em autores que acreditam que “*a interação com a vida real e a meta-cognição favorecem a motivação epistêmica e a aprendizagem*” (RIBEIRO; ESCRIVÃO FILHO, 2007). Piaget (1978) destaca como princípio básico, que o conhecimento é construído na interação do sujeito com o objeto. Interagindo, o sujeito produz sua capacidade de conhecer, ao mesmo tempo em que produz o próprio conhecimento. A aprendizagem, portanto, envolve, em algum grau, um componente ativo, mesmo quando fica na dependência de pessoas que ensinam. Mas distingue-se dentre as teorias, aquelas que consideram a aprendizagem como decorrente da ação própria de quem aprende, operando através de estudo, pesquisa e interações: convivendo em ambientes de aprendizagem onde a troca de ideias, as discussões e as críticas argumentadas constituem um componente de ênfase na aquisição de novos conhecimentos. É dessa forma que se pode entender a aprendizagem ativa: aprender por meio da ação própria de quem aprende, interagindo com o meio, com recursos e com pessoas.

Quando se observa o desenvolvimento das estratégias de ensino ao longo dos 50 anos mais recentes, nota-se que invariavelmente desembocam em situações nas quais os problemas são elementos centrais. Uma dúvida que surge então é por que a escola seguiu um caminho inverso, promovendo uma base conceitual antes de promover uma visão “problematizadora” do conhecimento que veicula (PAVÃO *et al.*, 2008).

Além do referencial do sócio-construtivismo, podem-se identificar nas estratégias que fazem uso de problemas no ensino as ideias de Thomas Khun (apud ARRUDA; VILLANI, 1994) sobre o desenvolvimento da ciência, que consideram a intercalação de períodos de *ciência normal* e *períodos de revolução*, traduzidos como os momentos de mudança conceitual do indivíduo que aprende. Ainda que o artigo citado faça referência à aprendizagem da ciência, faz-se aqui a opção provocativa de estendê-la como pertinente ao conhecimento de engenharia.

Para Ausubel (2003), Moreira e Masini (2006), e Tavares (2008) a aprendizagem é entendida como significativa quando o indivíduo assimila um novo conhecimento por meio de relacionamentos com a estrutura dos conhecimentos já incorporados. Nesse sentido, entende-se como aprendizagem aquela resultante de processos mentais decorrentes da modificação,

relacionamento e complementação de conhecimentos pré-existentes. A função de conhecimentos pré-existentes é a de dar significado e âncoras para novos conhecimentos e assim sucessivamente.

Para Ausubel (2003) a aprendizagem significativa resulta de um processo de ensino no qual o professor cria condições para o estudante interagir utilizando objetos de aprendizagem, materiais diversos, desafios, problemas, experimentos e mecanismos de ensino potencializadores de aprendizagem significativa buscando um maior envolvimento do estudante no processo.

Os autores citados indicam problemas como um material potencializador, e atividades de ensino baseadas na resolução desses problemas como um importante caminho na busca da construção de uma aprendizagem significativa.

Além disto, conforme Frigotto (1995) a interdisciplinaridade é “uma necessidade relacionada à realidade concreta, histórica e cultural, constituindo-se assim como um problema ético-político, econômico, cultural e epistemológico”. Quando a ação pedagógica é fundamentada na interdisciplinaridade existe uma real cooperação e troca de informações no ambiente de aprendizagem, que se caracteriza como um espaço aberto ao diálogo e ao planejamento. Assim, a fragmentação e a compartimentalização das diferentes disciplinas não será mais a regra e a questão problema levará à unificação na construção de conhecimentos. Para tal é necessário que os professores, antes responsáveis cada um por sua disciplina, assumam uma postura e uma prática interdisciplinar, que estejam juntos para estudar e compreender os fenômenos em foco e como os conceitos básicos das diferentes ciências envolvidas colaboram e estão integrados na busca de uma mesma solução. Uma atitude interdisciplinar também impõe a necessidade de que, em equipe, se integre objetivos, atividades, procedimentos, atitudes e planejamentos, por meio de intercâmbio, troca e diálogo.

3. Algumas Experiências de Aplicação de estratégias de Aprendizagem Ativa nas Escolas de Engenharia no Brasil

Nesta seção serão apresentadas experiências de aplicação de estratégias de Aprendizagem Ativa discutidas na Sessão Dirigida “Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia” ocorrida no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) em Blumenau em outubro de 2011.

3.1. A experiência do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Partindo da concepção sócio-histórica da relação ensino-aprendizagem, os procedimentos adotados no curso de Engenharia Elétrica da UFJF, com foco no aprendizado colaborativo, buscam estabelecer Zonas de Desenvolvimento Proximal que permitam a construção compartilhada do conhecimento. Os projetos colaborativos possibilitam o desenvolvimento de habilidades de alto nível, na Taxonomia de Bloom, além de fortalecerem os conhecimentos técnicos e possibilitarem a construção de valores e atitudes.

As metodologias ativas são discutidas em três momentos: os dois primeiros baseiam-se no trabalho colaborativo dentro do Programa de Educação Tutorial – PET, ilustradas através de um trabalho adicional ao currículo formal e outra utilizando a interatividade dos grupos tutoriais com as classes formais curriculares. O terceiro, associado ao conteúdo de Eficiência Energética, foi desenvolvido contemplando estudantes integrantes de uma atividade de Mobilidade Acadêmica desenvolvida pelo Laboratório de Eficiência Energética – LEENER.

3.1.1. O trabalho Colaborativo nos Grupos de Educação Tutorial

O Programa de Educação Tutorial – PET, existente no curso de Engenharia Elétrica da FEUFJF desde 1991 tem, entre seus objetivos,

... desenvolver atividades acadêmicas em padrões de qualidade de excelência, mediante grupos de aprendizagem tutorial de natureza coletiva e interdisciplinar; contribuir para a elevação da qualidade da formação acadêmica dos alunos de graduação; estimular a formação de profissionais e docentes de elevada qualificação técnica, científica, tecnológica e acadêmica [...] e estimular o espírito crítico, bem como a atuação profissional pautada pela cidadania e pela função social da educação superior.” (PORTARIA, 2010).

Como o PET se organiza “academicamente a partir das formações em nível de graduação, mediante a constituição de

grupos de estudantes de graduação, sob a orientação de um professor tutor” coloca-se, então, o questionamento de como desenvolver atividades educacionais que possibilitem gerar estes impactos no perfil dos graduados, especialmente naqueles que participam de forma direta em sua execução.

A resposta ocorre em dois momentos: inicialmente, há que se estabelecer, de forma clara, as condições nas quais ocorre a relação psicológica ensino-aprendizagem, que serve como marco referencial para as ações efetivas de tutoria. A perspectiva psicológica que orienta o processo de aprendizagem, em nosso caso, é a concepção sócio-histórica, na qual a relação ensino/aprendizagem é uma construção social, com o aluno participando dessa construção partilhada do conhecimento e o processo pedagógico é centrado na atividade dos indivíduos em interação (VYGOTSKY,1991). Assim, toda ênfase é colocada no ensinar/aprender como um processo único, do qual participam igualmente professores e alunos, com o professor desenvolvendo sempre um esforço pedagógico para criação das Zonas de Desenvolvimento Proximal - ZDPs, onde atua de forma explícita, interferindo no desenvolvimento proximal dos alunos, provocando avanços que não ocorreriam espontaneamente (FREITAS, 2002). De forma mais objetiva, trata-se de criar um espaço de aprendizagem, caracterizado por uma situação na qual a distancia entre o nível real de desenvolvimento (capacidade de resolver independentemente um problema) e o nível de desenvolvimento potencial (resolução de problemas sob a orientação de um professor ou em colaboração com outros companheiros mais experientes) consiga ser instalada.

Adotando-se a concepção vygotskyana, coloca-se então o questionamento de como incorporar as contribuições desta concepção sócio-histórica e desenvolver posturas e procedimentos que possibilitem a geração das ZDPs, em uma construção partilhada do conhecimento. Sua criação pode proporcionar funções psicológicas superiores externas que permitem ao aprendiz alcançar conhecimentos com maiores níveis de complexidade: o aluno reconstrói os saberes mesclando processos de construção pessoal e processos autênticos de co-construção em colaboração com os outros que, de uma forma ou outra, participam do processo.

A opção adotada, e que vem sendo utilizada com sucesso, é o trabalho colaborativo dentro do grupo tutorial. As razões desta escolha e seus benefícios são óbvios: a engenharia é, por sua natureza, um empreendimento cooperativo, onde os projetos são desenvolvidos em equipes, geralmente multidisciplinares, com

diferentes responsabilidades, formações e habilidades. Nessa situação, as habilidades interpessoais e capacidade de trabalho em equipe – ouvir, entender a visão dos demais, liderar sem dominar, delegar e aceitar responsabilidades, lidar com conflitos interpessoais - são tão importantes para o sucesso de um projeto quanto a especialização técnica (WANKAT, 1992). Nesse aspecto, basta lembrar as competências integrantes das diretrizes curriculares dos cursos de graduação em engenharia que estabelece que o profissional graduado em engenharia deva estar capacitado, entre outras, a projetar, conduzir experimentos e interpretar resultados; conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos; planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia; identificar, formular e resolver problemas de engenharia; comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica e atuar em equipes multidisciplinares (MEC, 2002).

Pode-se, assim, confrontar a efetividade da postura expositiva tradicional das relações ensino-aprendizagem que é, comprovadamente, inadequada para desenvolver atributos como valores éticos, capacidade de comunicação, gerenciamento de conflitos, percepção dos impactos sociais, culturais e ambientais do trabalho profissional, que integram as competências exigidas pelos perfis atuais do engenheiro (FELDER *et al.*, 2000). É fato quase consensual na literatura que o trabalho colaborativo, entre outros impactos, gera interdependência positiva nos estudantes, pois se apóiam mutuamente para o esforço ter sucesso; desenvolve a responsabilidade individual, uma condição para o sucesso da equipe; a interação presencial propicia espaço para discussões, debates e busca de consenso na solução dos problemas; propicia o desenvolvimento de habilidades interpessoais como a gerência de projetos e do tempo, comunicação, liderança e solução de conflitos e, adicionalmente, elaborar e justificar julgamento de valores pela necessidade de avaliação periódica do trabalho em equipe (HAGER; HOLLAND, 2006).

A opção pelo aprendizado colaborativo, com projetos desenvolvidos em grupos de alunos, na visão ensino-aprendizagem vygotskyana, torna possível não somente gerar os impactos associados às competências socialmente demandadas (MEC, 2002), mas também trabalhar a construção do conhecimento técnico dos estudantes preenchendo os seis níveis da Taxonomia de Bloom (WANKAT, 1992). A estrutura e visão conceitual utilizadas nos projetos desenvolvidos nesta proposta permitem não só que as habilidades nos níveis 1-3 da Taxonomia de Bloom (conhecimento,

compreensão, aplicação) sejam reforçadas, complementando o conhecimento técnico curricular, mas, adicionalmente, e mais importante, pelas atividades desenvolvidas, objetivos colocados e discussão coletiva dos resultados alcançados, torna-se possível alcançar e reforçar os níveis 4-6 da Taxonomia de Bloom (análise, síntese, avaliação).

3.1.1.1. Trabalho Colaborativo: Estrutura

Para que os resultados e impactos esperados sejam realmente alcançados, não basta delegar aos alunos tarefas para elaboração de um projeto, em grupos de trabalho. Na forma como utilizada no PET/Elétrica, algumas premissas são fundamentais e seu acompanhamento é executado, de forma cuidadosa, pelo grupo e pelo Tutor responsável e envolvem as diretrizes:

- Os projetos são sempre desenvolvidos em grupos que variam de um mínimo de três a um máximo de seis alunos, dependendo de seu escopo, sendo que um dos alunos assume a condição de coordenador do projeto;
- A proposta de projeto é elaborada pelo tutor, juntamente com os alunos, porém o detalhamento das atividades, distribuição de responsabilidades, recursos necessários e cronograma de execução são efetuados pelo grupo, sem a participação do tutor;
- Os grupos são constituídos por alunos cursando diferentes semestres do curso, com graus de conhecimento diferenciados;
- Os conteúdos técnicos, necessários à execução do projeto, envolvem sempre conhecimentos adicionais aos conteúdos curriculares formais, mesmo para os alunos mais avançados e duração de cada projeto é de um, ou no máximo dois, semestres letivos;
- A supervisão da execução dos projetos é executada pelo tutor, em reuniões semanais com o grupo, onde todas as questões, problemas e soluções são discutidos;
- Ao término do projeto é elaborado um Relatório Técnico, com as informações e experiências importantes adquiridas durante o trabalho; incentiva-se também a elaboração de artigos para submissão em congressos ligados à área do desenvolvimento efetuado.

- O trabalho desenvolvido, os resultados e as experiências adquiridas são avaliados, em grupo, pelos integrantes e demais participantes do PET, em discussão aberta.

3.1.1.2. Trabalho Colaborativo: Exemplos

Durante o tempo de existência do Programa PET no curso de Engenharia Elétrica dezenas de projetos, com esta postura colaborativa, já foram realizados. As limitações de espaço impossibilitam uma descrição mais exaustiva destes trabalhos, mas, a título de ilustração, serão descritos dois dos projetos recentemente desenvolvidos, com os resultados alcançados.

(i) **Módulo *Hardware in the Loop* para Educação em Controle de Processos**

Este trabalho, realizado por um grupo de 3 alunos, foi o desenvolvimento de um módulo laboratorial baseado nas técnicas *Hardware in the Loop Simulation – HILS*, com características de ferramenta didática para educação em engenharia de controle. O ambiente digital, baseado em Java e compilador Eclipse, ferramentas *Free Open Source Software - FOSS* simula digitalmente uma planta industrial, mas é operada por um controlador PID e um inversor industrial externos, físicos, e não tem quaisquer restrições comerciais para sua utilização. Seu início foi em 2010, sendo desenvolvido em três etapas: na fase inicial, incorporando somente o controle de nível do tanque cilíndrico através de controlador PID externo, foi apresentado no Congresso Brasileiro de Automática (PADILHA, 2010a). Na seqüência, inseriu-se no módulo o controle de vazão, com a adição de um inversor externo e das respectivas funcionalidades em software, o que gerou novo trabalho, apresentado no COBENGE (PADILHA, 2010b). Finalmente, na última etapa, foram inseridas as funções associadas aos níveis de supervisão e otimização, gerando também novo trabalho, apresentado em congresso internacional (PADILHA, 2011a).

Uma informação que assegura o alto nível técnico alcançado pelo trabalho desenvolvido pelo grupo é o fato que o Comitê Técnico do CBA 2010 recomendou o trabalho para publicação na Revista da Sociedade Brasileira de Automática, a mais importante publicação nacional na área (PADILHA, 2011b). Sabe-se que a publicação de trabalhos em congressos pode ser questionada como avaliação consistente da formação dos alunos, mas funciona, no presente

caso, como indicador da qualidade técnica desenvolvida pelos alunos envolvidos.

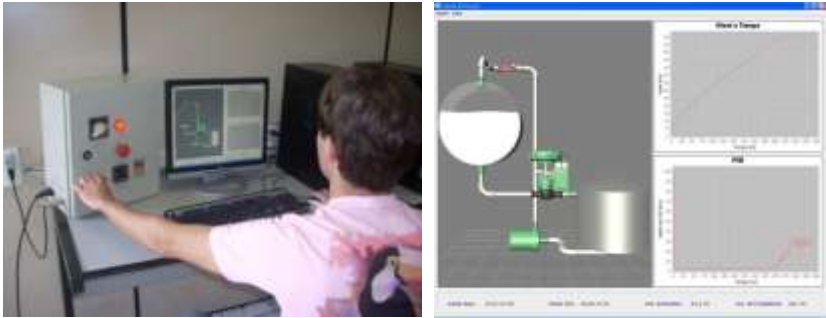


Figura 1 - Módulo HIL em operação (esquerda) e tela do ambiente (direita)

(ii) Utilização da Web 2.0 para Formação de Visão Crítica sobre Sustentabilidade Energética

O projeto, desenvolvido por um grupo de seis alunos, teve objetivos mais amplos que o anterior, pois geraram impactos não somente para os executores diretos, mas contemplou também os calouros do curso, que participaram através de equipes formadas especialmente para a ocasião. Isto foi possível pela caracterização do projeto como atividade integrante da disciplina curricular Introdução a Engenharia; a proposta foi que as equipes de calouros realizassem debates a partir do blog “Energia Inteligente” (SILVA *et al*, 2010) - este também um projeto já realizado pelo PET - abordando a questão energética nacional e mundial, de vital importância para a engenharia, o país e a sociedade. Uma revista eletrônica – “Energia Inteligente” foi elaborada pela equipe do projeto e serviu como texto referencial para os debates das equipes de calouros.

Os responsáveis pelo projeto realizaram, nas turmas de calouros, uma apresentação do projeto, suas justificativas, a importância e a forma de participação, realizada integralmente pelas ferramentas da WEB 2.0, disponíveis no blog Energia Inteligente (<http://peteletricaufjf.wordpress.com/>). As equipes de calouros pesquisaram, debateram e se posicionaram sobre os temas da Revista “Energia Inteligente”: Hidroelétrica de Belo Monte, Energia Nuclear, Energias Renováveis, Reservas do Pré-Sal, *Smart Grid* e Sustentabilidade. A discussão ocorreu amparada por enquetes, culminando em um texto conclusivo sobre o tema abordado e

postado no blog Energia Inteligente; adicionalmente, a atividade foi apoiada pelas redes sociais, como *Orkut*, *Facebook* e *Twitter*, além do *Youtube*, possibilitando maior proximidade do grupo responsável pelo projeto com os participantes e um debate público.

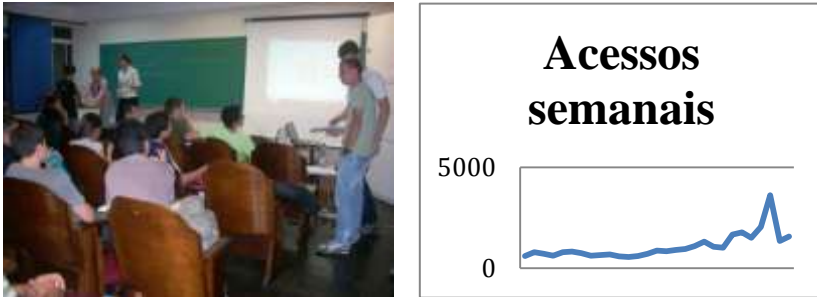


Figura 2 - Projeto Calouro WEB 2.0: apresentação em sala de aula à esquerda e, acessos semanais ao Blog Energia Inteligente nos dias de debate das equipes à direita.

A participação dos calouros, as idéias que colocaram e debateram, os confrontos positivos de posicionamento permitem afirmar que, adicionalmente à aquisição de conhecimentos técnicos, as equipes de calouros se envolveram também em um processo de construção de valores e fortalecimento de visão crítica sobre temas atuais. O grupo responsável pelo projeto, adicionalmente às questões associadas ao gerenciamento do tempo, divisão de responsabilidades, trabalho em equipe e solução de conflitos, ainda fortaleceu as competências da comunicação oral e escrita, supervisão de equipes e reforço dos valores éticos e morais, ao discutirem com as equipes sobre os diversos temas selecionados. O projeto gerou trabalho aprovado para o IV CBEE (GOMES *et al.*, 2011), recebendo a nota máxima dos avaliadores, dentre os quase 200 trabalhos inscritos no congresso.

(iii) **Eficiência Energética: Programa de Mobilidade Acadêmica - PMA**

Para modernizar o currículo do curso de Engenharia Elétrica da UFJF foi implantada a disciplina Eficiência Energética, de caráter optativo, no oitavo período letivo e, simultaneamente, para atender às demandas identificadas e geradas a partir desta atividade acadêmica, criou-se o Laboratório de Eficiência Energética - LEENER (PINTO; BRAGA; CASAGRANDE, 2010). A proposta é que os alunos desenvolvam habilidades e competências para realizar

projetos de combate ao desperdício de energia, propondo ações que conduzam ao funcionamento eficiente das instalações, à redução no consumo de energia e à adequação às normas técnicas, modernizando as instalações e processos, tirando vantagens competitivas dos equipamentos tecnologicamente mais eficientes e atuando socialmente como multiplicadores de uma cultura de combate ao desperdício de energia.

A disciplina se estrutura em dois momentos: discussão de conteúdos essenciais e desenvolvimento de atividades práticas (PINTO; BRAGA; SILVA JUNIOR, 2005). Na primeira etapa utilizam-se palestras e aulas expositivas buscando sempre motivar a participação os alunos, que é incentivada em todos os momentos. A apresentação e discussão de casos práticos são constantes, bem como a valorização da criatividade na solução de problemas de diagnóstico, onde cada caso analisado exige diferentes soluções de engenharia. Pesquisa em fontes diversas, busca de conhecimentos do senso comum e utilização de simulação são propostas. Nas atividades práticas, desenvolvida no LEENER, procura-se, através de experimentos simples e idealizados pelos próprios alunos, comprovar os conhecimentos adquiridos. Não se têm experimentos focados. O aluno identifica um problema e procura as soluções para comprovar os conhecimentos adquiridos, realizar simulações e desenvolver protótipos possibilitando integralização de conhecimento e a vivência da prática profissional dos engenheiros (PINTO; BRAGA, 2007).



Figura 3 - Participantes do Programa de Mobilidade Acadêmica – PMA, desenvolvem atividades no LEENER, sob orientação dos bolsistas

A partir destas experiências e infraestrutura, o LEENER, em conjunto com o PET e o Núcleo de Iluminação Moderna da UFJF –

NIMO, realizaram dois Programas de Mobilidade Acadêmica – PMA, recebendo grupos de 40 alunos, de distintas universidades, inclusive do exterior, que passam uma semana realizando atividades práticas nos laboratórios, oficinas, visitas e palestras, sendo que os alunos bolsistas destes laboratórios são os responsáveis por toda a preparação e condução destas atividades (GOMES; PINTO, 2009). Há, assim, uma excelente oportunidade de desenvolverem, em grupo, as atividades de planejamento, execução e avaliação de todo o projeto, inclusive atuando como instrutores dos participantes do evento e, principalmente, reforçando as competências centrais do perfil do engenheiro.

3.1.2. Algumas considerações sobre a experiência do curso de Engenharia Elétrica da UFJF

A metodologia utilizada, como ilustrada, é o aprendizado colaborativo, realizados por grupos de alunos, na perspectiva tutorial e dentro da visão da relação ensino-aprendizagem na visão vygostskyana de construção das Zonas de Desenvolvimento Proximal. Esta construção busca utilizar a presença do tutor, bem como a interação entre estudantes com diferentes níveis de conhecimento e experiência abrindo espaços potenciais de construção compartilhada do conhecimento. Exemplos de projetos realizados pelos grupos tutoriais, pelos grupos tutoriais interagindo com os alunos dentro da estrutura curricular normal e interagindo com alunos integrantes de um Programa de Mobilidade Acadêmica mostram as diversas possibilidades de utilização destas posturas como forma de construir os componentes do perfil profissional do engenheiro da atualidade.

3.2. A experiência do curso de Engenharia de Computação da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Esta seção apresenta as experiências de aprendizagem ativa praticadas no curso de Engenharia de Computação - EComp da UEFS, com foco na aprendizagem baseada em problemas (PBL).

Desde a implantação do curso de EComp da UEFS, Pinto (PINTO, BURNHAM e PEREIRA, 2009; PINTO e BURNHAM, 2010) vem acompanhando a aplicação da estratégia de *PBL*, na condição de tutora de Grupos Tutoriais - GT, em disciplinas como EXA 801 – Algoritmos de Programação, EXA 829 – Tópicos de Formação Humanística e EXA 890 – Ética em Computação. A partir do contato

com os estudantes matriculados nestas disciplinas, a autora observou tanto possibilidades como desafios relacionados ao uso dessa estratégia. As possibilidades relacionam-se, especialmente, à potencialização do desenvolvimento de competências como a autonomia, a capacidade de pensamento crítico e de trabalhar coletivamente. Por outro lado, deparou-se com as inquietações manifestadas por alguns estudantes quanto ao desejo de refletirem sobre o seguimento dos passos previstos na dinâmica da estratégia de *PBL*, responsáveis pelo desencadeamento da produção, apreensão, organização, gestão e difusão do conhecimento; e observou que, a depender de como seja a interpretação do seguimento de tais passos, o uso da estratégia de *PBL* tanto pode motivar e intensificar o processo educacional, destacando-se a aprendizagem dos estudantes, como pode inibi-lo. Na busca de ampliar a compreensão sobre o processo educacional, Pinto encontrou nos princípios de complexidade de Morin (2006, 2007) a elucidação para uma interpretação da dinâmica da estratégia de *PBL* que busca integrar conhecimentos, e que zela pela complexidade inerente ao processo educacional e pela singularidade de cada indivíduo que participa dele.

Durante o percurso investigativo, e a partir do levantamento de artigos publicados nos anais do COBENGE nas edições 2007, 2008, 2009 e 2010 e que fazem referência explícita à estratégia do *PBL*, Pinto verificou ainda que outras instituições também vêm realizando experiências e desenvolvendo pesquisas sobre/com a estratégia de *PBL*, a exemplo do(a): Centro Tecnológico – Universidade Comunitária Regional de Chapecó; curso de Engenharia de Produção – Universidade Federal de São Carlos; curso de Engenharia Civil – Universidade Federal do Pará; Escola de Engenharia de São Carlos/USP; Centro Técnico e Científico da PUC/RIO; Escola de Engenharia - Universidade Federal de Goiás; Instituto Mauá de Tecnologia e Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UNB).

Ressalta-se que, para a realização da pesquisa realizada na UEFS, Pinto tomou como referência a Pesquisa-Ação proposta por Barbier (2003). Para a coleta de dados e informações sobre a experiência dos estudantes com a estratégia de *PBL*, utilizou a observação participante, a pesquisa bibliográfica e a documental (MARCONI & LAKATOS, 2008). Os documentos utilizados para a pesquisa documental foram, especificamente, o currículo do curso, materiais que foram utilizados na formação dos professores e os diários reflexivos produzidos como atividades das disciplinas. Pelo

método de Análise Contrastiva, proposto por Burnham (2002), foi possível contrastar o que foi visto durante os encontros com os estudantes com o que foi lido a partir dos diários reflexivos escritos por eles, e com o que foi encontrado nas obras de autores que pensam sobre temas co-relacionados.

3.2.1. Dinâmica da estratégia de PBL e os Princípios de Complexidade de Edgar Morin

Em uma Sessão Tutorial - ST, após a seleção dos estudantes que ocuparão as funções de coordenador e de secretário ser realizada pelos membros do GT, inicia-se o processo de produção, apreensão, organização, gestão, representação e difusão do conhecimento orientado pelos passos da dinâmica da estratégia de PBL. O primeiro passo da dinâmica corresponde à entrega de um problema pelo tutor para os estudantes que constituem um GT, momento em que eles devem lê-lo, interpretar o cenário e identificar palavras, expressões, termos técnicos, esclarecendo, desta forma, aspectos específicos relacionados a ele. No segundo passo, que corresponde ao que se chama de “tempestade de ideias”, os estudantes deverão associar livremente ideias referentes ao cenário apresentado pelo problema, formular hipóteses e relembra fatos e informações relevantes, relacionados com seu cotidiano. No terceiro passo, os estudantes deverão eleger ideias, hipóteses e fatos relevantes, que foram encontrados no passo anterior. A formulação de questões de aprendizagem é realizada no quarto passo e corresponde ao levantamento de questões que auxiliem no processo de busca de informações e realização de ações para a resolução do problema. O quinto passo acontece quando os estudantes começam a levantar as metas de aprendizagem que permitam dar respostas às questões levantadas no quarto passo, e desenvolver o plano de ação para atingir as metas propostas. No sexto passo, há a avaliação do processo de aprendizagem por todos os sujeitos participantes, que normalmente é realizada por meio de formulários impressos, entregues durante a sessão tutorial, pelo tutor, que avalia cada estudante, o grupo e a ST. Os estudantes, por sua vez, também se auto-avaliam, avaliam os colegas, o tutor, o problema, o grupo e a ST. Finalmente, no sétimo passo, após o estudo individual, os estudantes retornam ao GT para relatar o que apreenderam, avaliar os recursos utilizados, reexaminar as ideias e hipóteses e desfazer eventuais equívocos. Além disso, devem associar as informações obtidas com o cenário do problema e avaliar as metas de aprendizagem propostas. Se perceberem que existe algo mais a

ser feito, deverão retornar ao primeiro passo, se não, começar outro problema.

Ao longo do acompanhamento dos GTs, Pinto observou que quando se inicia o processo de ensino-aprendizagem motivado pelo seguimento dos passos da dinâmica da estratégia de PBL, normalmente acontece do tutor e dos estudantes participantes de um GT desejarem seguir sistematicamente a ordem em que esses passos são divulgados pela literatura. Este comportamento poderá levar a uma interpretação de que a produção de conhecimento ocorre de modo linear, e que qualquer ação relacionada a um passo mais avançado só poderá ocorrer quando os anteriores tiverem sido concluídos. Na prática, Pinto observou que qualquer tentativa que se aproxime de um seguimento demasiadamente sistemático, linear, repetitivo e fechado, poderá contribuir para a inibição do processo de aprendizagem, da criatividade inerente a ele e da motivação por parte dos estudantes quanto à produção de novos conhecimentos e tecnologias. A partir dos princípios de complexidade de Morin (2006, 2007) ampliou a sua forma de compreender a dinâmica da estratégia de PBL.

O método da complexidade, conforme Morin (2006, 2007), pede para se pensar nos conceitos, sem nunca dá-los por concluídos, para se quebrar as esferas fechadas, para se restabelecer as articulações entre o que foi separado, para se tentar compreender a multidimensionalidade, para se pensar na singularidade com a localidade, com a temporalidade, para nunca esquecer as totalidades integradoras. Para Morin (2006, 2007), o pensamento complexo tenta dar conta daquilo que os tipos de pensamento mutilantes se desfazem, excluindo os simplificadores. Se uma pessoa tenta pensar no fato de que é um ser ao mesmo tempo físico, biológico, social, cultural, psíquico e espiritual, notará que “a complexidade é aquilo que tenta conceber a articulação, a identidade e a diferença de todos esses aspectos, enquanto o pensamento simplificante separa-os, ou unifica-os por uma redução mutilante” (MORIN, 2007, p.176).

Quando Morin apresenta de modo mais detalhado a sua noção de complexidade, utiliza sete princípios, que, segundo ele, são complementares e interdependentes, e servem como diretivas para um pensamento que integra, sendo eles: **1. Princípio sistêmico ou organizacional** – que liga o conhecimento das partes ao conhecimento do todo; **2. Princípio “holográfico”** – põe em evidência este aparente paradoxo das organizações complexas, em que não apenas a parte está no todo, como o todo está inscrito na

parte; **3. Princípio do circuito retroativo** – permite o conhecimento dos processos auto-reguladores. Rompe com o princípio da causalidade linear: a causa age sobre o efeito, e o efeito sobre a causa; **4. Princípio do circuito recursivo** – ultrapassa a noção de regulação com as de autoprodução e auto-organização; **5. Princípio da autonomia/dependência** – os seres vivos são seres auto-organizadores, que não param de se auto-produzir e, por isso mesmo, despendem energia para manter sua autonomia; **6. Princípio dialógico** – deve-se conceber uma dialógica ordem/desordem/organização. Essa dialógica permite assumir racionalmente a inseparabilidade de noções contraditórias para conceber um mesmo fenômeno complexo; **7. Princípio da reintrodução do conhecimento em todo conhecimento** – esse princípio opera a restauração do sujeito e revela o problema cognitivo central: da percepção à teoria científica, todo conhecimento é reconstrução/tradução feita por uma mente/cérebro, em uma cultura e época determinadas.

Essas diretivas, segundo Morin (2007, p.188) formam o tecido da complexidade, isto é, “tudo isso se entrecruza, tudo se entrelaça para formar a unidade da complexidade; porém, a unidade do *complexus* não destrói a variedade e a diversidade das complexidades que o teceram”. Morin adverte também que a complexidade não deve ser compreendida como uma solução para um problema, como receita, como resposta, mas sim como desafio e como uma motivação para pensar.

3.2.2. Ampliando a compreensão da dinâmica *PBL* a partir dos Princípios de Complexidade de Edgar Morin

No intuito de se aproximar de uma representação da dinâmica da estratégia de *PBL* na perspectiva da complexidade, Pinto (PINTO, BURNHAM e PEREIRA, 2009; PINTO e BURNHAM, 2010) partiu da compreensão dos sete princípios de Morin (2006, 2007) para interligar cada passo da dinâmica aos demais, por meio de linhas e setas que representam, respectivamente, a integração dos passos e a direção das ações, e utilizou diferentes cores para que o leitor possa ter uma melhor visualização do que pode ocorrer em cada um deles. Ressalta-se que, conforme pode ser visto na Figura 4, o seguimento sistematizado de cada passo é fornecido pela linha cheia, enquanto que a linha pontilhada objetiva dar a idéia de que há a possibilidade de que alguma atividade relacionada a outros passos possa ocorrer. Na prática verifica-se que, durante a

resolução dos problemas, o conhecimento que vai sendo produzido, apreendido, gerido, representado, difundido, embora se baseie no seguimento dos passos, não necessariamente obedece à ordem sequencial. Frequentemente, o grupo tutorial rompe com os limites que são impostos pela interpretação de um seguimento linear.

Por exemplo, quando um problema é entregue aos membros do grupo tutorial, eles iniciam as atividades com a sua leitura e identificação de conceitos desconhecidos, quando chegam ao passo dois, sabem que devem praticar a tempestade de ideias, entretanto, em meio a tempestade de ideias, pode surgir uma questão de aprendizagem (pulando para o passo 4), ou o tutor pode tecer uma avaliação sobre a atividade (indo diretamente para o passo 7), e, em seguida, retornar ao passo 1. Esse processo é caótico, porém, organizado. Compreende-se que, para isso servem os passos, para organizar o processo, mas não fechá-lo e condicioná-lo. Percebe-se que, no seguimento dos passos da dinâmica da estratégia de *PBL*, é preciso que haja flexibilidade, que se compreenda que ao longo da realização de um passo, todos os demais podem ser (re)visitados, e que a autonomia do estudante deve ser considerada/incentivada ao longo de todo percurso formativo.

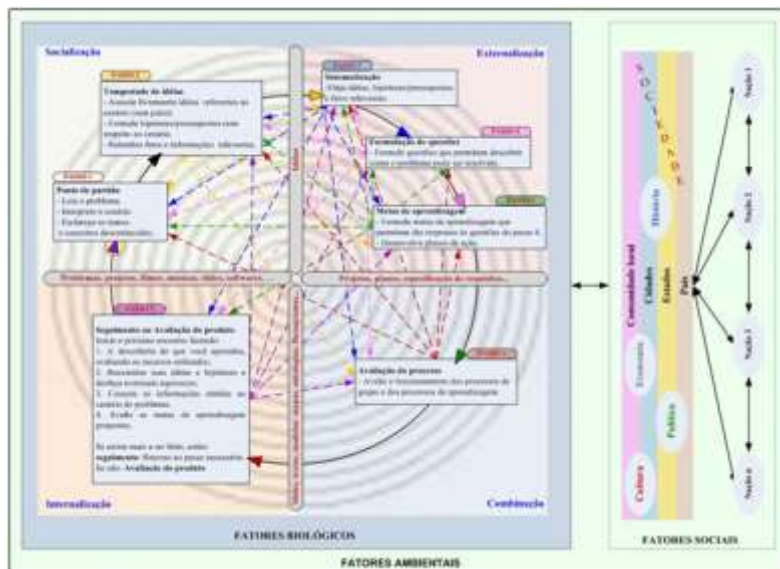


Figura 4 – Uma interpretação da dinâmica da estratégia de *PBL* baseada na noção de complexidade. Fonte: Pinto; Burham; Pereira (2009).

A partir do sétimo princípio, também se buscou expressar a influência, no processo educacional, de fatores biológicos, bem como os fatores sociais e ambientais, tanto os relacionados à comunidade local, à cidade, ao estado e ao país, como aqueles que se referem às relações internacionais. Cada ação de um membro de um GT reflete o seu estado biológico, o seu contexto social, a sua cultura local, a sua relação com o ambiente, etc. Isso reforça a complexidade inerente ao processo educacional, e faz com que os atores envolvidos no seguimento dos passos da dinâmica PBL percebam que diversos fatores interferem no sucesso da produção de conhecimento e tecnologia.

3.2.3. Algumas considerações sobre a experiência do curso de Engenharia de Computação da UEFS

O trabalho desenvolvido objetivou apresentar a interpretação da dinâmica da estratégia de *PBL* baseada nos princípios de complexidade de Edgar Morin, realizada por Pinto (PINTO, BURNHAM e PEREIRA, 2009; PINTO e BURNHAM, 2010), a partir de observações que realizou durante a prática da estratégia em disciplinas do curso de EComp, da UEFS. Espera-se que o conhecimento a experiência aqui socializada possa motivar debates sobre o assunto e contribuir para o processo de formação do engenheiro.

3.3. A experiência do curso de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul - UCS

Esta seção apresenta as experiências de aprendizagem ativa praticadas no curso de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul - UCS, com foco na aprendizagem baseada em problemas - *PBL*. O trabalho desenvolvido na UCS ressalta que a aprendizagem baseada em problemas possibilita a seleção de conteúdos estruturadores e contextualizados, favorecendo a aprendizagem significativa de conceitos, além do desenvolvimento de habilidades e atitudes importantes na prática profissional do engenheiro e destaca também o potencial interdisciplinar da aprendizagem baseada em problemas (SAUER, SOARES, LIMA, 2006).

A introdução da estratégia de *PBL* no curso de Engenharia Química da UCS é resultado de estudos e discussões promovidas

no projeto PETROFUT (UCS-Promopetro: Novos Desafios para o Engenheiro do Futuro) em desenvolvimento nesta universidade. A utilização de *PBL* no projeto foi proposta com o objetivo de ampliar a qualificação dos professores integrantes visando à sua atuação interdisciplinar e contextualizada. Na primeira fase do projeto PETROFUT, professores de diversas áreas do conhecimento envolveram-se em seminários e atividades de estudo, de planejamento e de configuração interdisciplinar das oficinas a serem promovidas na fase seguinte. Os seminários propiciaram a aproximação dos participantes, resultando na realização de experiências de integração dos professores, o que se entende como condição imprescindível para a interdisciplinaridade. Neste contexto, duas professoras de matemática e uma professora de química desenvolveram uma experiência de utilização de *PBL*, conduzida pela professora de química em uma unidade de aprendizagem na disciplina de Corrosão e Proteção Superficial de Metais do 2º semestre do curso de Engenharia Química para o estudo do fenômeno de corrosão.

3.3.1. Contextualização e PBL

A corrosão, em geral, é considerada um processo espontâneo, transformando materiais metálicos de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos deixam de satisfazer os fins a que se destinam. Nesse sentido esse fenômeno assume grande importância na sociedade que não pode prescindir do uso dos metais e suas ligas.

Metais e ligas estão presentes nas estruturas metálicas enterradas ou submersas, tais como minerodutos, oleodutos, gasodutos, adutoras, cabos de comunicação e de energia elétrica, píeres de atracação de embarcações, tanques de armazenamento de combustíveis como gasolina; nos meios de transportes, como trens, navios, aviões, automóveis e ônibus; em estruturas metálicas sobre o solo ou aéreas, como torres de linhas de transmissão de energia elétrica, postes de iluminação, linhas telefônicas, tanques de armazenamento, instalações industriais, viadutos, passarelas, pontes; em equipamentos eletrônicos, torres de transmissão de estações de rádio, de TV, repetidoras, de radar, antenas; em equipamentos como reatores de calor e caldeiras. Todas essas instalações representam investimentos vultosos que exigem durabilidade e resistência à corrosão que justifiquem os valores investidos e evitem acidentes com danos materiais incalculáveis ou danos pessoais irreparáveis.

Nesse contexto, foram definidos os objetivos de aprendizagem da unidade, vistos como habilidades estruturadoras, tais como: compreender que metais tendem a reagir espontaneamente com líquidos ou gases do meio em que são colocados; prever possíveis reações que podem ocorrer com diferentes metais ou ligas evitando perdas diretas ou indiretas e propor mecanismos explicativos utilizando a linguagem química em fenômenos de corrosão de materiais metálicos.

Inicialmente, com a utilização de recursos variados, tais como fotos e notícias, foram apresentados e discutidos com os estudantes, problemas relacionados com a corrosão de materiais metálicos e suas consequências para a sociedade, tais como a corrosão microbiológica, corrosão galvânica, ou ainda, seletiva, as quais danificam estruturas metálicas, tais como pontes, vigas, veículos, bombas, canalizações, rotores, dentre outros. Esta discussão motivou a organização de grupos para análise de problemas de interesse, relacionados aos materiais de construção, corrosão, meio ambiente e suas decorrências sociais e econômicas.

A partir da discussão de problemas relativos aos tipos de corrosão de estruturas, a turma escolheu seu problema de pesquisa, enunciado a seguir:

“Uma embarcação, cujo casco é de uma liga de alumínio-magnésio, apresenta perfurações no casco e manchas de coloração semelhante a do cobre. Essas manchas estão localizadas sob uma tubulação de latão, a qual transporta esgoto sanitário. O odor e o gotejamento do mesmo evidenciaram perfurações nessa tubulação e um resíduo sólido de cor azulada. Prever duas ações de intervenção na estrutura danificada utilizando os referenciais teóricos selecionados pelos grupos”.

De acordo com a estratégia de *PBL*, os grupos foram constituídos tendo como base as questões destacadas a seguir, levantadas durante as discussões anteriores. As mesmas foram organizadas em dois grupos e hierarquizadas pela professora de Química, para subsidiar a compreensão e a proposta de intervenção no problema.

Grupo 1: O que é corrosão? Quais os compostos químicos que se formam em uma peça corroída? Porque é importante estudar a corrosão? Qual é a aplicação desse estudo? Em que termos a corrosão se relaciona com o meio em que vivemos? O que significa a oxidação? Que compostos originam da corrosão?

Grupo 2: Quais são os meios mais corrosivos para uma peça? Quais são os malefícios e benefícios da corrosão? Onde

ocorre a corrosão nos materiais? Como e porque se forma? Quais as consequências da corrosão? Porque se forma e como destrói o material? Quais produtos podem evitar que as peças sofram a corrosão? Como evitar a corrosão nos materiais? Qual a diferença ou os tipos ou formas de corrosão?

Por meio do problema formulado e das questões levantadas foi desencadeada uma proposta de planejamento de tarefas, de ações e de leituras, que forneceram subsídios, de forma a aumentar a compreensão e os conhecimentos dos alunos sobre conceitos estruturadores para intervir no problema selecionado.

O planejamento iniciou pela definição de questões para orientar a leitura, com a realização de sínteses argumentativas. Os principais focos de estudos foram planejados, com a orientação da professora de Química, por ordem crescente de complexidade, como segue: tabela de potenciais de oxirredução, potencial de eletrodo, pilhas eletroquímicas, formas de corrosão, mecanismos básicos de corrosão, meios corrosivos e alguns métodos para combater a corrosão.

A primeira tarefa consistiu da divisão da turma em dois grupos que, com base no problema de pesquisa, deveriam delimitar o estudo, pesquisar na bibliografia, consultar especialistas, realizar visitas técnicas, enfim buscar soluções, levando em consideração as discussões realizadas e as orientações recebidas. Nesta etapa, a mobilização para o trabalho em equipe, com a introdução ao problema, teve a finalidade de criar um ambiente favorável à aprendizagem entre os integrantes de cada grupo, explorando os conhecimentos já disponíveis e que podem ser úteis para o esclarecimento do problema escolhido.

Na segunda etapa, com a análise inicial do problema, os alunos discutiram e identificaram questões ou conteúdos conceituais que precisavam ser estudados para atingirem o nível de conhecimento exigido a fim de estabelecer relações, de compreender e de analisar o problema. O resultado deste trabalho consistiu na síntese de todas as informações obtidas, comparando com as hipóteses formuladas e identificando novas questões e, necessariamente, novas consultas para a obtenção das informações necessárias.

A partir da apresentação dos resultados prévios foram desencadeadas discussões visando à compreensão de leis e princípios que pudessem ser norteadores de situações similares, com vistas à elaboração de sínteses e de argumentos que justificassem as soluções apresentadas. Cada uma destas soluções

foi, então, apresentada em seminários organizados para este fim. Os alunos fizeram, ainda, uma avaliação crítica de seus conhecimentos e de suas necessidades como intervenção no problema, quando apareceram novas lacunas, gerando assim um novo momento de aprendizagem.

Considerando os movimentos cíclicos de aprendizagens dessa experiência, destaca-se o seguinte percurso de etapas percorridas:

- (0) Apresentação de vários problemas contextualizados, para que os alunos escolham o problema foco de interesse;
- (1) Escolha do problema contextualizado;
- (2) Formação dos grupos em função da escolha do problema;
- (3) Leitura do problema, identificação e esclarecimento de termos desconhecidos;
- (4) Identificação dos problemas propostos pelo enunciado;
- (5) Formulação de hipóteses explicativas para os problemas identificados na etapa anterior. Nesta etapa, os alunos utilizam conhecimentos prévios para a compreensão do problema proposto;
- (6) Categorização de hipóteses;
- (7) Formulação de objetivos de aprendizagem, de forma coletiva e mediada pelo professor, onde são identificados e listados os conteúdos conceituais: assuntos que precisam ser estudados para ampliar os conhecimentos que orientaram a apresentação das hipóteses explicativas e outros que podem auxiliar na resolução do problema;
- (8) Estudos individuais, com registro de ideias e sínteses importantes, e consultas ou discussões com profissionais sobre questões levantadas nos objetivos de aprendizagem;
- (9) Retorno ao grupo para discussão, análise do problema e compartilhamento no grupo dos novos conhecimentos “sintetizados” na fase de estudo anterior. Nesta fase o grupo deve, então, apresentar argumentos na discussão, elaborar e propor a intervenção: uma solução provável do problema.

- (10) Revisão das etapas do movimento cíclico da aprendizagem, onde o grupo, apoiado pelo professor, precisa reexaminar, confirmando o que foi desenvolvido para, após isso, definir, se for o caso, ações de um novo percurso de aprendizagem. Essa análise é apoiada pelo professor mediador.

Esses caminhos cíclicos foram mantidos até que se atingiu um nível de equilíbrio cognitivo em relação às perturbações geradas (PIAGET, 1977), um patamar de conhecimento em que não houvesse mais dúvidas entre os participantes de cada grupo sobre a intervenção proposta como solução do problema.

Na última etapa, os alunos realizaram uma avaliação dos resultados alcançados, posicionando-se crítica e autonomamente diante da situação complexa vivenciada de intervenção em situação concreta de aprendizagem por problemas.

3.3.2. Alguns Resultados

A utilização de uma situação complexa – um problema retirado de um contexto mobilizador, vinculado à realidade do aluno, aumentou o interesse, a iniciativa, a motivação e o compromisso do estudante durante as aulas de química.

Uma análise inicial dos dados já aponta para os benefícios decorrentes do envolvimento dos estudantes na atividade proposta. Observou-se que eles acolheram a tarefa, organizando-se, buscando situações em textos técnicos, entrevistando colegas e professores, agindo e interagindo, de forma cognitiva: relacionando o que estudaram, com situações concretas ou mesmo com os assuntos de outras disciplinas. Isso, por si só, já é um ponto positivo que deve ser objeto de análise e da argumentação da importância desse tipo de estratégia de aprendizagem. A estratégia de *PBL* permitiu o início do rompimento do paradigma da aula expositiva para uma aula onde o aluno opera, propõe, decide, compara, entra em conflito, testa, estuda, modifica e explica.

As verbalizações dos estudantes revelam ações inovadoras no processo de (re)construção, analisando suas produções, desenvolvendo a auto-avaliação e avaliação dos colegas e do processo vivenciado, dentre as quais destacam-se:

[...] “foi um recurso trabalhoso, inovador, prático, envolvente, pois a partir do momento que o aluno participa, decide, elabora suas concepções e

produções e as publica, todos poderão participar com sugestões e críticas para uma possível reestruturação de etapas para melhor resolver o problema”; “a aprendizagem por problema foi difícil exigiu muito trabalho e organização do grupo; favoreceu a integração de diversos recursos e etapas de aprendizagem, achamos que não íamos conseguir”; “foi diferente e estranho trabalhar com um problema, mas com o esclarecimento das etapas da metodologia fomos construindo a nossa caminhada com a ajuda constante do líder e do professor. Trabalhamos muito com textos, relatos, argumentos, testes, trabalhos coletivos, sínteses, mapas conceituais, o que favoreceu nossas aprendizagens. Diante desse rol de possibilidades foi possível construir conceitos, procedimentos e planejamentos que nos permitiram dar sentido sobre os fenômenos que estudamos para resolver o problema”; “foi possível perceber com muito “custo” que o processo de ensinar não se concentra mais em falar ou discorrer sobre itens de conteúdo como ocorre na sala de aula tradicional, onde o professor exerce uma função ativa e o aluno a passiva”; “nessa experiência o foco é a aprendizagem e a organização do aluno com a ajuda do líder, do professor e dos colegas em um ambiente partilhado pelos diversos atores”; “posso dizer que agora diferencio falar de desenvolver habilidades para atender as necessidades dos alunos”; “ampliamos a autonomia e nossa prática e a concepção de ensinar, foi difícil mas desenvolvemos mecanismos abrangentes para o aprender, e não exclusivamente para o cronograma dos conteúdos”; “vivenciei uma oportunidade de aprendizagem nunca imaginada, por várias vezes pensei em desistir”.

Nesta experiência com *PBL*, além do que já foi destacado, vale ressaltar foi possível observar que a interdisciplinaridade foi propiciada frequentemente, ao surgirem questões relacionadas com outras áreas, como é destacado nas considerações a seguir.

3.3.3. Algumas considerações sobre esse trabalho e perspectivas de continuidade

Das atividades descritas nesta seção derivam questões específicas de pesquisa. Com a intenção de promover aprendizagem ativa, a estratégia de *PBL* foi destacada e fundamentou as ações realizadas. As professoras de química e de matemática, interessadas em estar juntas para estudar e compreender os fenômenos em foco identificaram conceitos básicos das diferentes ciências, envolvidos no problema, e formas de integrá-los na busca

de possíveis soluções. O problema examinado neste contexto, além de constituir uma estratégia de aprendizagem ativa na área da química, pode ser pensado, aprimorado e reaplicado em outras disciplinas dos cursos de Engenharia. O mesmo problema, à luz das soluções apresentadas pelos grupos de estudo tais como: limpeza da área corroída; vedação com massa epóxi e, após, pintura do sistema; modificações no tipo de canalização, com troca de tubulação; soldagem da canalização perfurada; isolamento do anodo ou do cátodo, realizar uma pintura epóxi; reconstrução de toda estrutura com aço inoxidável, amplia-se com perspectivas, também, em matemática. Com a conjectura, simulação ou mesmo uma pesquisa real de materiais, quantidades ou gastos, envolvidos em uma ou outra solução apresentada, pode gerar novo campo de variáveis, cuja análise de relações entre as mesmas poderia ser modelada em problemas de estudos de funções matemáticas, desde a sua formulação até o estudo de otimização, buscando compreender uma prática que, de fato, poderia ser proposta e aplicada.

Sem dúvida, a estratégia de *PBL* oferece um campo fértil onde podem interagir professores envolvidos em um mesmo curso, interessados em criar formas próprias de gerar e de promover interdisciplinaridade, mesmo que o contexto esteja limitado em uma disciplina ou área de conhecimentos a desenvolver. Um passo adiante pode qualificar, especialmente, abordagens como a que está sendo proposta. Trata-se de ampliar as condições para o sucesso das estratégias, considerando as produções dos próprios estudantes, focando na interdisciplinaridade, como orientadora dos estudos.

3.4. A experiência da disciplina Introdução à Engenharia na Escola de Engenharia Mauá – EEM

Nesta seção, discute-se a proposta de aprendizagem ativa implementada em 2010 com continuidade em 2011 na disciplina Introdução à Engenharia dos cursos de Engenharia da EEM que se utiliza da estratégia de aprendizagem baseada em problemas - *PBL*. Também se apresenta uma avaliação sobre os resultados alcançados e a percepção dos estudantes sobre a disciplina nas duas primeiras etapas iniciais. A pesquisa foi realizada a partir de questionários, grupos focais e observação.

A disciplina Introdução à Engenharia foi introduzida no ciclo básico dos cursos de Engenharia da Escola de Engenharia Mauá - EEM em 1996 e, desde então, passou por mudanças procurando ajustá-la às necessidades de aprendizagem dos estudantes ingressantes. Os principais objetivos da disciplina englobam o conhecimento da profissão do engenheiro e suas habilitações, subsídios para a escolha da habilitação que será realizada ao final do ano letivo e também a discussão da interdisciplinaridade das áreas da engenharia. Atualmente conta com uma estrutura que promove aprendizagem ativa, exigindo desde o início a participação efetiva do estudante.

3.4.1. O contexto e a proposta da disciplina Introdução à Engenharia na EEM

A dificuldade enfrentada pelo estudante ao ingressar no ensino superior, tem sido motivo de reflexão de alguns pesquisadores (CARDOSO; SCHEER, 2003; MATTASOGLIO Neto; ARA; BOSCAINO, 2005). Vários motivos que podem levar os estudantes de um curso de engenharia à desistência, como a falta de conhecimento prévio sobre a engenharia como profissão, a característica abstrata das disciplinas das primeiras séries e a falta de motivação e interesse causada por reprovações sucessivas (Da SILVEIRA *et al.*, 1998).

Na tentativa de contribuir para a das dificuldades apontadas relativas às séries iniciais, a Escola de Engenharia Mauá - EEM, a partir de 1996, introduziu em seu currículo do ciclo básico a disciplina Introdução à Engenharia (INTENG). A disciplina tem por diretriz abordagem com foco na aprendizagem ativa, exigindo desde o início a participação efetiva do estudante nas atividades propostas. Essencialmente está dividida em três etapas: (i) a primeira tem como objetivo fazer uma apresentação geral da engenharia por meio de exemplos de atuação do engenheiro no dia-a-dia; (ii) na segunda os estudantes realizam atividades práticas representativas de pelo menos três dos sete cursos de engenharia oferecidos pela Escola, tendo como referência para a escolha dos módulos em questão apenas suas concepções prévias sobre essas engenharias; (iii) na terceira escolhem, tendo como referência apenas documentos divulgados no site da disciplina, desenvolver um projeto em uma das sete engenharias, ao longo de quatro meses.

A escolha das etapas dois e três é realizada pelo estudante, livremente, sendo que, na terceira os temas dos projetos nas diversas engenharias podem ser alterados em relação aos anos

anteriores. Os temas são anunciados antecipadamente, para que o estudante faça sua opção conhecendo os objetivos e as condições de contorno dos projetos. O estudante pode realizar o projeto em área diferente da sua opção futura de curso.

Estratégias de ensino que tratam o estudante como elemento passivo no processo de aprendizagem mostram-se cada vez mais ineficientes e ineficazes na escola atual. Por sua vez, como em outras áreas do conhecimento, muitos professores concebem e realizam o seu trabalho vinculado a essas estratégias passivas (SANDOVAL; CUDMANI; MADOZZO, 1995), dificultando mudanças na direção de modelos mais significativos para a aprendizagem.

Por sua vez as estratégias de aprendizagem ativa surgem como um caminho fértil para o envolvimento e o comprometimento dos estudantes com seu processo de aprendizagem, dentre elas pode-se destacar o Ensino Baseado em Problemas - *PBL*, que constitui a base do trabalho desenvolvido na disciplina Introdução à Engenharia na EEM.

O trabalho a partir de situações-problema coloca o estudante em contato com abordagens próprias da sua área de conhecimento. Um estudante de engenharia deve conhecer o modo de fazer da engenharia, e não é a partir do discurso de aulas expositivas que esse conhecimento é adquirido, mas é a partir da prática que pode ser vivido e internalizado. Como menciona Carvalho & Gil-Perez (1995), a vivência de situações problematizadoras favorece a aprendizagem ao vincular os conteúdos com metodologias e com atitudes relativas à área de conhecimento que se deseja que o estudante aprenda. O objetivo é dar significado ao conteúdo estudado pelo estudante, de forma a motivá-lo para a aprendizagem, uma vez que ele passará a se envolver com desafios que esperava encontrar na opção de ensino superior que fizera (MATTASOGLIO, 2008).

O *PBL* promove a integração de diferentes concepções de aprendizagem e representa à aceitação de um modelo construtivista, representando uma alternativa fértil para o trabalho docente, sendo uma evolução aos modelos padrão de aprendizagem, como os indicados por Mizukami (1986). Nos cursos de Engenharia e Tecnologia, o desafio do desenvolvimento de equipamentos e processos mostra forte identificação com o *PBL*. O caso da Escola de Gestão e Tecnologia de Águeda, ligada à Universidade de Aveiro, que tem o seu currículo estruturado dentro de uma perspectiva de *PBL* (OLIVEIRA, 2004) é um exemplo desta identificação.

O uso de problemas nas atividades dos módulos de Introdução à Engenharia - INTENG, ainda que não represente uma ação de ampla extensão, como em cursos que tenham o PBL como diretriz central de sua organização, como os discutidos no trabalho de Araujo e Arantes (2009), é um bom exemplo do que representa a ação profissional do futuro engenheiro. Por sua vez, o conjunto de competências que são metas da disciplina INTENG, vai ao encontro das diretrizes para os cursos de engenharia (MEC, 2002), promovendo a formação de atitudes relativas ao trabalho em equipe e a abordagem de problemas como é esperado do futuro profissional de engenharia.

3.4.2. A metodologia e alguns resultados

Foram realizadas pesquisas qualitativas e quantitativas a partir de observação, grupos focais, questionários e observação. A primeira etapa da pesquisa foi realizada em 2010, quando em uma fase exploratória foram levantados os tópicos a serem avaliados e em seguida foi realizada a etapa de questionários presenciais. Na segunda etapa em 2011, repetiu-se o questionário de 2010 com pequenas alterações oriundas de sugestões dos pesquisados em 2010. Essa versão foi aplicada via *internet*. Em 2010, foram convidados 10% dos estudantes da disciplina INTENG para participação na pesquisa presencial. Em 2011, a pesquisa foi encaminhada a todos os estudantes da disciplina. Em nenhum dos casos os estudantes necessitavam se identificar.

A pesquisa quantitativa (2010/2011) focalizou as duas primeiras etapas da disciplina, com perguntas divididas em blocos indicados no QUADRO 1.

QUADRO 1 – Blocos de questões do questionário da pesquisa

Bloco	
I	Dados Pessoais
II	Aula Inaugural - Discussão sobre “o Engenheiro”
III	Escolha do Projeto da disciplina INTENG
IV	Avaliação dos Módulos

Os resultados referentes às pesquisas de 2010 e 2011 foram bastante próximos. O número de respondentes em 2011 foi 197 (23% do universo), consideravelmente superior aos 63 de 2010 (7% do universo). Pela proximidade dos resultados optou-se por

apresentar no QUADRO 2 a caracterização dos respondentes referentes a 2011.

QUADRO 2 - Qualificação dos pesquisados em 2011

Total de estudantes na disciplina	870
Número de estudantes respondentes	197
Porcentagem de respondentes	23%
Faixa etária	17 a 23 anos
Sexo	32% feminino / 68% masculino
Turno de estudo	71%, diurno / 29%, noturno
Estagiam ou trabalham	23% - Sim / 77% - Não

A Figura 5 apresenta os dados relativos ao fato da atividade ser conduzida a partir de uma atividade prática (Bloco II). Verifica-se que 93%, a maioria dos pesquisados, considera a aprendizagem ativa como uma opção muito boa ou boa. Já os resultados referentes às atividades realizadas nas aulas dos módulos (Bloco IV) são apresentados na Figura 66, que mostra que 87% aprovam as atividades práticas propostas.

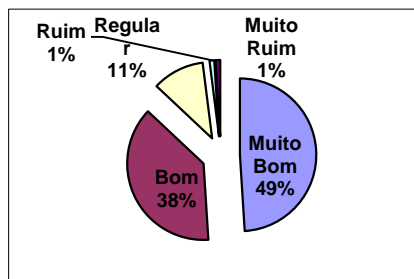
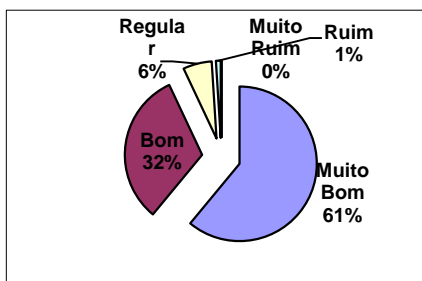


Figura 4 - Opinião sobre a condução da aula a partir de atividade prática

Figura 5 - Opinião sobre as atividades realizadas nas aulas dos módulos

Quanto à contribuição do módulo para o entendimento das habilitações (Bloco IV), da Figura 77 depreende-se que 86% dos pesquisados, considera que isso foi alcançado. Sobre a contribuição do módulo para escolha da habilitação (Bloco IV), pode-se observar

na Figura 88 que para 79% dos pesquisados, os módulos contribuíram na escolha.

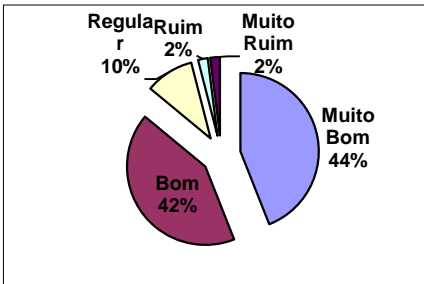


Figura 6 - Contribuição do módulo para o entendimento das

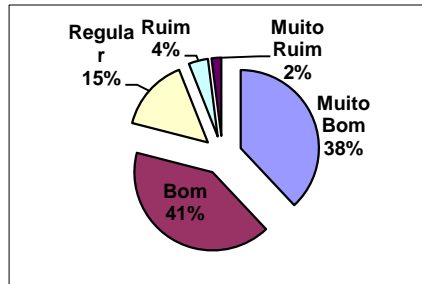


Figura 7 - Contribuição do módulo para a escolha da habilitação

Os resultados referentes ao grau de satisfação com os módulos (Bloco IV) são apresentados na Figura 99. Analisando a figura verifica-se que a maioria dos estudantes (84%) ficou muito satisfeita ou satisfeita com os módulos desenvolvidos.

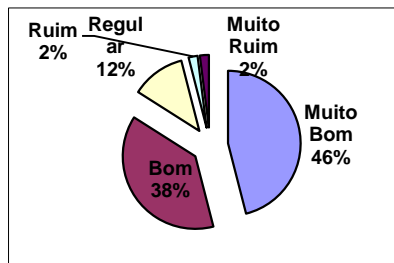


Figura 8 - Grau de satisfação com os

Quanto a recomendar o módulo realizado para um colega ingressante, 87% dos entrevistados recomendariam.

3.4.3. A metodologia e alguns resultados

Os dados apresentados nesta seção possibilitam concluir que a disciplina de Introdução à Engenharia da EEM tem se mostrado uma eficiente forma de aprendizagem ativa colaborando no entendimento da profissão do Engenheiro e na escolha da carreira dos estudantes da Escola de Engenharia Mauá. Também

pode-se observar que é grande o envolvimento dos estudantes nas atividades propostas o que indica a fertilidade da abordagem adotada na disciplina como fator que promove o desenvolvimento de habilidades e atitudes desejáveis na atividade profissional em engenharia.

3.5. A experiência dos cursos de Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP

Nesta seção será descrita a experiência dos cursos de Engenharia da EPUSP com as estratégias de aprendizagem ativa e que resultou no desenvolvimento da disciplina Introdução à Engenharia (PNV2100). Apresentam-se também alguns resultados de avaliações sobre a metodologia que indicam que a disciplina atinge seus objetivos, embora alguns dos procedimentos não tenham aceitação plena.

3.5.1. A disciplina Introdução à Engenharia

A disciplina Introdução à Engenharia - PNV2100, oferecida no primeiro semestre dos cursos de engenharia na EPUSP, foi implementada em 1999, a fim de atender à demanda das competências necessárias para os profissionais de engenharia do século 21. A disciplina introduziu novas estratégias de aprendizagem e agiu como um piloto para outras experiências no curso de graduação da EPUSP. A metodologia utilizada, descrita por Barreiro e colaboradores (BARREIRO *et al.*, 2003), Montefusco (MONTEFUSCO, 2004), e Nakao e Brinati (NAKAO & BRINATI, 2007), foi a precursora na adoção também de novos mecanismos para avaliar a aprendizagem do aluno na EPUSP. A equipe de PNV2100 vem aprimorando o plano de ensino ao longo deste período de 12 anos. Uma vez que alguma imperfeição é identificada, propõem-se modificações nas atividades e nos critérios de avaliação da aprendizagem. Portanto, a equipe de professores acredita que há uma boa consistência entre os resultados de aprendizagem desejados e os efetivos. PNV2100 tem características básicas muito distintas de outras disciplinas. Por exemplo, a avaliação de aprendizagem dos alunos nas disciplinas é, geralmente, com base nas notas dadas pelos professores em provas e trabalhos, enquanto que em PNV2100 o processo de avaliação abrange uma vasta gama

de mecanismos, incluindo a avaliação pelos pares, como convém às estratégias de aprendizagem ativa.

Os 750 ingressantes são divididos em 24 turmas de 32 alunos e, portanto têm a orientação de 24 professores diferentes. As atividades da disciplina são cuidadosamente discutidas e planejadas para proporcionar a necessária uniformidade. Apesar da heterogeneidade dos alunos e das suas diferentes necessidades, há uma preocupação com a uniformidade das ações dos professores. A ambiguidade entre classes e aulas de homogeneização e o respeito à individualidade tanto do aluno como do professor devem ser cuidadosamente considerados para que o processo de aprendizagem possa ser otimizado. Várias razões pedagógicas recomendam que as turmas sejam convenientemente equilibradas com a miscigenação das origens, das culturas, dos valores que cada aluno traz em seu repertório. Como foi apontado por Nakao e Brinati (NAKAO & BRINATI, 2007) existe uma ligação lógica dos objetivos relacionados com as atividades da disciplina e os correspondentes procedimentos utilizados para avaliar a eficiência da aprendizagem dos alunos. Esta consideração básica foi utilizada para definir o plano de ensino para PNV2100 que contempla todos os aspectos da Aprendizagem Ativa. Como objetivo principal da PNV2100, os estudantes devem aprender um método de projeto de engenharia pelo desenvolvimento de um projeto real. Eles são apresentados ao método que compreende um determinado conjunto de processos: identificação das necessidades e expectativas, definição do problema, formulação de soluções alternativas, imposição de critérios de avaliação, seleção e implementação da melhor solução.

As atividades da disciplina se concentram no desenvolvimento de um projeto temático em um cenário diferente para cada conjunto de três turmas. Os temas do projeto têm sido deliberadamente escolhidos para desenvolver a cidadania e os valores da sustentabilidade: gestão (redução e eliminação) de resíduos sólidos, economia de energia elétrica em edifícios comerciais e residenciais, redução do consumo de água nesses edifícios, e melhoria de sistemas do transporte público urbano. Em 2011, os alunos trataram da redução do tempo de viagem dos ônibus urbanos em determinados percursos da cidade de São Paulo. O objetivo do projeto era propor ações para melhorar a eficiência do transporte público de ônibus em corredores da cidade de São Paulo. Todos os elementos da disciplina estão em <http://moodle.stoa.usp.br/course/view.php?id=881>. O professor apresenta os principais aspectos relacionados com o problema geral e especifica a seus alunos o cenário especial em que eles terão de

lidar com o seu projeto. O professor também fornece a bibliografia básica para o tema selecionado, mas as referências adicionais devem ser obtidas pelos estudantes. Os alunos são convidados a analisar todo o problema para dividi-lo em quatro subprojetos relevantes. A turma opina e decide com a intervenção do professor que funciona sempre como um coordenador de projeto. Os 32 alunos da turma são divididos em oito grupos, dois para cada um dos quatro subprojetos. O grupo deve organizar as suas atividades, que começa por definir quais os dados necessários, a fim de obter um conhecimento abrangente do problema. Depois, procuram outras informações na bibliografia e em *websites*, bem como por uma pesquisa de campo. Eles devem começar este trabalho em sala de aula, sob supervisão do seu professor, e antes de sair da sala de aula devem planejar e programar as atividades a serem realizadas ao longo da semana. Os alunos são estimulados a procurar outros professores e especialistas. Alguns alunos podem, eventualmente, visitar empresas do setor para coletar dados adicionais. A ideia é que os alunos comecem a construir uma rede de relacionamentos que pode ser útil no futuro. Como preconizado nas estratégias de aprendizagem ativa, o estudante aprende a aprender.

A disciplina visa também o desenvolvimento de atitudes e habilidades, como trabalho em equipe, planejamento, programação, controle, comunicação escrita e oral, criação de alternativas e critérios de decisão, consciência econômica, social e ambiental, e juízo ético e postura. As atividades da disciplina ao longo do semestre são utilizadas para promover essas habilidades e atitudes, e para avaliar como os alunos podem incorporá-las. Em PNV2100, as atividades envolvem palestras e discussões em classe, trabalho em equipe, competições intergrupos e interturmas intermediadas por um professor. Os grupos têm ainda que preparar dois relatórios parciais do projeto e também apresentá-los oralmente para serem avaliados pela classe e pelo professor. Os relatórios são examinados pelo professor com a finalidade de verificar a qualidade do projeto desenvolvido pelo grupo, a compreensão da metodologia de projeto de engenharia e a habilidade do aluno em comunicação escrita. Desde 2003, um procedimento de normalização foi adotado em PNV2100 a fim de evitar disparidades nas notas atribuídas aos relatórios do projeto, em razão de diferentes critérios de avaliação dos professores. No final do semestre a classe elabora um relatório final que integra e consolida a contribuição dos diferentes grupos. Na competição intergrupos, cada par de grupos que trabalham em um mesmo subprojeto tem que apresentar seu trabalho para a avaliação do restante da classe por intermédio da comparação simples. Os

estudantes, que foram previamente instruídos sobre técnicas de comunicação oral, são avaliados por seus colegas sobre esta habilidade específica, mas principalmente na qualidade do projeto. Em cada uma das duas fases do projeto em função do resultado dessa competição os alunos recebem um fator de grupo f_g . No final do semestre e, portanto como se fosse um exame final existe uma competição entre três turmas (ditas parceiras por trabalharem em um mesmo cenário) e apresentam seu projeto para os alunos de três turmas de outro conjunto de turmas parceiras e uma banca de professores. Essas seis turmas trabalharam em um mesmo aspecto do problema e, portanto estão em condições de avaliar e de se auto-avaliar. Em função do resultado da competição é atribuído o fator de turma f_t .

3.5.2. Processo de avaliação na disciplina PNV2100

A nota final da disciplina PNV2100 é calculada pela equação

(1),

$$NF = 10 \times (f_t \times f_g + p) \times f_p \quad (1)$$

tal que p é o prêmio e f_p é o fator de participação. Como em algumas etapas do projeto há a necessidade da contribuição maior de alguns alunos, esses (e todos os que se destacarem) recebem o prêmio p atribuído pela turma em reunião plenária. O fator de participação é o fator que incorpora a avaliação do docente pela nota atribuída aos relatórios. Essa avaliação está relacionada com aspectos conceituais (qualidade do projeto) e formais (consistência e clareza do relatório). Há também a participação dos alunos na atribuição deste fator, pois o grupo divide a nota atribuída ao relatório, da forma que parecer mais apropriada contemplando a contribuição de cada um. A aprendizagem é um processo ativo e construtivo, pois para aprender retendo informações, desenvolvendo ideias ou adquirindo habilidades é necessário treinar, trabalhar. Nas estratégias de aprendizagem ativa não basta ter novas informações e idéias, é preciso criar algo novo com as informações e ideias. A equipe de PNV2100, composta pelo coordenador da disciplina e os 24 professores em cada oferecimento têm regularmente reuniões semanais, em que a realização dos alunos nos diferentes aspectos é analisada. É possível, portanto, tomar em tempo real as medidas necessárias para corrigir o curso da disciplina. Os professores são estimulados a discutir com os alunos ao longo do semestre o processo de aprendizagem e os mecanismos utilizados para sua

avaliação e dar-lhes o *feedback* necessário para melhorar o desempenho de seus alunos.

3.5.3. Avaliação da disciplina

Os procedimentos do processo de ensino e aprendizagem são permanentemente questionados sobre sua eficácia e eficiência por parte dos professores e das comissões de graduação, mesmo em conversas informais. O registro das decisões acertadas, bem como dos erros ao longo de um semestre permite fazer um diagnóstico das técnicas selecionadas e dar o *feedback* necessário. A questão que se coloca é como e quando fazer isso. Com que dimensão se podem programar as atividades extra classe e como avaliar a sua real execução? São muito altas as expectativas dos professores em uma disciplina muito diferente das outras? É possível descobrir a percepção dos alunos sobre a aprendizagem, bem como sobre a adequação e motivação dos temas selecionados para o projeto, sobre a disciplina e sobre os professores e critérios de avaliação?

Em PNV2100, as respostas a essas questões foram coletadas por intermédio de dois questionários: um proposto pela Coordenação do Ciclo Básico (controle da qualidade dos dois primeiros anos) e outro proposto pela coordenação de PNV2100. A análise destes dados permite a identificação de eventuais problemas. As perguntas do questionário se remetem a itens que são relevantes para a qualidade do ensino e da aprendizagem do aluno e a percepção da própria evolução. São abordados seis aspectos: compreensão das etapas de um projeto de engenharia, desenvolvimento de habilidades e atitudes, trabalho realizado ao longo do semestre, desempenho do professor, mecanismos de avaliação e avaliação global da disciplina.

No questionário da coordenação de PNV2100, os alunos podem expressar a sua satisfação em cada item em cinco diferentes graus: muito bom, bom, regular, ruim e muito ruim (NAKAO *et al.*, 2011). Os resultados do questionário da Coordenação do Ciclo Básico aplicado em abril de 2008 são: Dentre os 553 alunos que participaram da avaliação, 547 (98,9%) responderam quanto ao tempo que haviam dedicado semanalmente. Quase a metade deles (42,6%) diz abdicar ao menos algum tempo na semana e 57,4% se dedica somente nas vésperas de entrega de relatórios ou sequer fazem isso. Uma pequena minoria (12,8%) se dedica estuda mais do que 2 horas. 547 (98,9%) responderam quanto à didática de seu professor e 68,4% diz estar satisfeito ou muito satisfeito com a didática de seu professor. Dentre os 553 alunos que participaram da avaliação, 534

(96,6%) responderam quanto ao conteúdo social, político e cultural da disciplina. Mais da metade dos alunos (61,6%) dizem que a aula traz conteúdo social e cultural, uma minoria (16,3%) relata que a aula não aborda esses assuntos e o restante (22,1%) acredita que a aula aborda razoavelmente. Dentre os 553, 541 (97,8%) responderam quanto ao seu aprendizado. 60,1% afirma que estão aprendendo muito, 14,2% diz que estão aprendendo pouco ou muito pouco e 25,7% diz aprender dentro da média.

3.5.4. Algumas considerações sobre a disciplina PNV2100

A rejeição que alguns jovens têm demonstrado para com a engenharia (BECKER, 2010) poderia ser minimizada pela oferta de disciplinas como PNV2100, que mostra ao jovem e à sua família o criativo, desafiador e cativante trabalho de um engenheiro pelo desenvolvimento de um projeto que é muito significativo para a sociedade, e isso pode até diminuir as taxas de evasão que ocorrem principalmente nos primeiros anos. De acordo com (WILLIAMS, 2002), estudando as mudanças mais significativas no campo da educação, as respostas obtidas apontam para o projeto de engenharia, a ênfase em um processo de aprendizagem eficiente, a informática, um currículo generalista e o processo de avaliação. O aluno desta disciplina acaba se envolvendo com tarefas que permitem atingir todos os objetivos do domínio cognitivo de Bloom (FERRAZ & BELHOT, 2010) como conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação e do domínio afetivo como receptividade, resposta, valorização, organização e caracterização. A utilização de questionários como a de avaliação de PNV2100 é uma ferramenta que, a partir da tabulação e análise dos dados coletados, permite traçar um perfil claro dos pontos de vista sobre a disciplina, sobre a prática docente e sobre desempenho e participação dos alunos. PNV2100 é uma disciplina ligada à formação do profissional engenheiro e exige um maior esforço e atenção na sua compreensão pelos alunos e na organização das várias etapas envolvidas, incluindo pesquisa de dados. Os procedimentos são diferentes em outras disciplinas do primeiro ano da Escola Politécnica da USP e talvez o desconforto gerado pela avaliação realizada pelos colegas de classe e também pelo professor pode estar ligado ao fato de que essa geração teve suas realizações consideradas como de sucesso só pelo fato de ter cumprido as suas obrigações. A utilização de estratégias de aprendizagem ativa na disciplina PNV2100 deu-se pelo desejo de

motivar os alunos fazendo com que eles próprios participassem mais ativamente do processo de aprender.

Para os professores, ser um comunicador não é suficiente para ser um facilitador em estratégias de aprendizagem ativa. Assim, como acontece em todos os processos de ensino, concepção e trabalho de equipe, a forma de orientação desse processo de aprendizagem só é adquirida com a prática, o tempo e a experiência. Ao concluir com uma análise sobre a atuação dos alunos e dos professores percebe-se que aprender de forma concatenada com os outros demanda tolerância, paciência, sensibilidade, persistência e muito trabalho por parte dos alunos e dos professores.

3.6. Um levantamento sobre a aplicação de P3BL em cursos de graduação em transporte e mobilidade recentemente implantados no Brasil

Nesta seção será descrito um levantamento realizado por pesquisadores da UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná e da EESC/USP - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo verificando se a estratégia da aprendizagem baseada em problemas, em projetos, ou na prática (também chamada de P3BL, do inglês *“Problem/Project/Practice Based Learning”*) está sendo explorada em alguns dos cursos de graduação em transporte e mobilidade que foram recentemente implantados no Brasil. Além disso, também será apresentada a comparação realizada entre a estrutura geral das disciplinas oferecidas nos novos cursos com as disciplinas de transportes ensinadas em dois cursos de graduação em Engenharia Civil.

3.6.1. Os cursos de graduação em transporte e a aprendizagem ativa

Nos últimos anos tem havido uma preocupação por parte de diversos setores da sociedade com relação à formação de engenheiros e outros profissionais para atuarem em problemas relativos a transportes e mobilidade, principalmente na área urbana. Novos cursos com enfoque diferenciado ou específico nestas áreas foram propostos, porém observa-se algumas vezes o uso disseminado ou descaracterizado do termo mobilidade.

Historicamente, os conceitos e fundamentos em nível de graduação relativos à Engenharia de Transportes estão vinculados aos cursos de Engenharia Civil, os quais possuem em geral uma

carga horária reduzida destinada ao ensino de temas de transportes e mobilidade, salvo algumas poucas exceções. Além disso, devido à natureza multidisciplinar, interdisciplinar, transdisciplinar e prática dos problemas relativos a transporte e mobilidade seria esperado, ao menos nos programas propostos recentemente, o uso de estratégias de aprendizagem ativa, ou seja, centradas no estudante, ao invés de centradas nos conteúdos ou no professor. Seria o caso, por exemplo, da aprendizagem baseada em problemas, em projetos, ou na prática (também chamado de P3BL, ou *Problem/Project/Practice Based Learning*).

De acordo com Kyte e colaboradores (KYTE *et al.*, 2010), para aumentar as habilidades dos estudantes em função da natureza ampla e multidisciplinar dos problemas de transportes e da mobilidade que existem na atualidade, o objetivo das instituições de ensino deveria ser conduzir os estudantes a níveis elevados de processos cognitivos e conhecimento baseado em dimensões taxonômicas. Para Alvarstein e Johannesen (2001), é preciso aplicar métodos de ensino que permitam que os estudantes sejam mais ativos na busca dos seus próprios conhecimentos. Desta forma, a utilização de abordagens de ensino-aprendizagem voltadas para construção do conhecimento por parte dos estudantes e devidamente conduzidas pelos professores pode gerar competências profissionais mais adaptadas às necessidades vigentes na atualidade.

Bill e colaboradores (BILL *et al.*, 2011) utilizaram a Taxonomia de Bloom para construir tabelas de conteúdo nas seguintes áreas: operação de tráfego; planejamento de transportes; projeto geométrico; financiamento dos transportes; economia dos transportes; segurança de tráfego; transporte público e modos não-motorizados. Estas tabelas de conteúdo seriam utilizadas para analisar disciplinas e resultados de aprendizagem. A Taxonomia original de Bloom, publicada em 1956, teve seus pressupostos teóricos atualizados em 2001 em função dos avanços psico-pedagógicos e tecnológicos que ocorreram durante as últimas décadas. De acordo com Ferraz e Belhot (2010), a Taxonomia de Bloom atualizada passou a ter duas dimensões: dimensão do conhecimento e dimensão dos processos cognitivos e tem sido de extrema utilidade na escolha das estratégias pedagógicas e na criação dos ambientes de aprendizagem.

3.6.2. A estratégia P3BL - Problem/project/practice based learning

O P3BL pode ser classificado como uma estratégia de aprendizagem ativa, centrada no estudante, onde o P3 engloba *Problem/Project/Practice*. Baseia-se na resolução de problemas que devem ter as soluções apresentadas na forma de projeto e que exigem que os estudantes desenvolvam uma série de atividades práticas relativas ao enfoque do problema/projeto (GABB & STOJCEVSKI, 2009).

Rodrigues da Silva (2010) implementou o P3BL em um curso de Planejamento Urbano e de Transportes com o objetivo de suprir deficiências da metodologia tradicional de ensino. Neste curso os estudantes eram desafiados a trabalhar com um problema prático sobre mobilidade urbana sustentável. A avaliação do curso, feita de forma anônima em uma plataforma online, atestou que, pelo menos para o tipo de tema abordado, o P3BL foi promissor.

3.6.3. As etapas deste estudo

A primeira etapa deste estudo consistiu da identificação dos cursos de Engenharia da Mobilidade e de Engenharia de Transportes. Mediante pesquisa na internet foi possível identificar dois cursos de Engenharia da Mobilidade (Engenharia da Mobilidade - Universidade Federal de Santa Catarina - Campus de Joinville/SC e Engenharia da Mobilidade - Universidade Federal de Itajubá/MG - Campus de Itabira/MG) e um curso de Engenharia de Produção com ênfase em Transportes (Universidade Federal do Rio Grande do Sul/RG). Identificados os programas foram analisadas as informações disponíveis em termos de projeto pedagógico, *homepages*, etc.

Na segunda etapa, com base na Taxonomia de Bloom foram construídas tabelas de conhecimento para analisar questões relativas à dimensão do conhecimento (conteúdo/informação) e do processo cognitivo (aprendizagem). Foram construídas três tabelas de conhecimento para as seguintes áreas: planejamento dos transportes; operação de tráfego e projeto geométrico de vias.

Os cursos de Engenharia da Mobilidade e de Engenharia de Transportes foram comparados com cursos de Engenharia Civil de duas instituições públicas brasileiras (Engenharia Civil - Escola de Engenharia de São Carlos/USP - Campus de São Carlos/SP e Engenharia Civil - Universidade Federal de São Carlos - Campus de São Carlos/SP). A comparação teve como objetivo investigar diferenças e similaridades com relação a conteúdos e metodologias de ensino-aprendizagem. Para apresentar a análise dos resultados

de aprendizagem, metodologias de ensino adotadas e comparação entre os programas foi criada uma tabela que sumariza estas informações. Esta tabela possui a identificação dos programas analisados, a dimensão do conhecimento desenvolvida, conforme informações pedagógicas disponíveis, o método de ensino empregado e a dimensão do processo cognitivo.

A busca por informações que pudessem caracterizar o uso de metodologias de aprendizagem ativas (P3BL, PBL, etc.) foi feita consultando os projetos pedagógicos e as *homepages* dos cursos abordados neste estudo. No projeto pedagógico dos cursos analisados foi considerada estratégia de aprendizagem ativa quando havia detalhes ou informações suficientes sobre a metodologia utilizada.

Os resultados de aprendizagem de cada curso foram obtidos mediante consulta aos objetivos instrucionais descritos nos projetos pedagógicos, ementas, planos de ensino das disciplinas e informações gerais nas *homepages*.

3.6.4. A comparação

Os cursos de Engenharia de Transporte e Engenharia da Mobilidade, bem como os cursos de Engenharia Civil que serviram de base para este estudo estão apresentados na Tabela 1. Todos os programas estão em andamento. A construção de tabelas de conhecimento seguiu os conceitos e classificações relativas à Taxonomia de Bloom atualizada. O uso das tabelas serviu para analisar os resultados de aprendizagem e a aplicação de estratégias de aprendizagem ativa em cursos de Engenharia de Transporte e Engenharia de Mobilidade.

Tabela 1 - Cursos de graduação considerados neste estudo

Universidade/Cursos	Endereços web
EESC	- http://www.eesc.usp.br/
USP/Engenharia Civil	
USFC/Engenharia da Mobilidade	http://ufsc.br/
UFRGS/Engenharia de Produção	http://www.ufrgs.br/ufrgs/
Transportes	
UFSCAR/Engenharia Civil - Engenharia Urbana	http://www2.ufscar.br/home/index.php
UNIFEI/Engenharia da Mobilidade	http://www.unifei.edu.br/

Ao comparar os cursos de Engenharia da Mobilidade com os de Engenharia Civil foi possível perceber que, de uma forma geral, não existe diferença quanto à metodologia de ensino, pois basicamente todos fazem uso de metodologia tradicional. As diferenças são mais acentuadas em questões de extensão dos conteúdos das disciplinas ministradas e aspectos da carga horária. Na Figura 10 está resumida a análise dos cursos de graduação com base nas tabelas de conhecimento construídas. Observa-se que de uma forma geral os cursos analisados não apresentam diferenças em relação à abordagem de conteúdos e no processo cognitivo de aprendizagem.

Com relação ao uso de estratégias de aprendizagem ativa, principalmente P3BL, fica clara a ausência destas estratégias nos cursos analisados, conforme pode ser observado na Figura 10. O uso de metodologia tradicional apoiada por recursos audiovisuais é evidente e ressaltado nos projetos pedagógicos. No projeto pedagógico de alguns cursos, conforme Figura 10, existe menção ao uso de atividades de aprendizagem interdisciplinar integrativa e colaborativa baseada em trabalho de grupo. Porém, sem detalhes que possam caracterizar estas atividades como aprendizagem ativa.

UNIFEI/ Eng. da Mobilidade	UFSCAR/ Eng. Civil – Eng. Urbana	UFSC/ Eng. da Mobilidade	UFRGS/ Eng. de Produção - Transportes	EESC-USP/ Eng. Civil	Universidades/Cursos		Dimensão Conhecimento
x	x	x	x	x	Efetivo/Factual	Métodos de Ensino	
x	x	x	x	x	Conceitual		
x	x	x	x	x	Procedural		
					Metacognitivo		
Tradicional Aprendizagem interdisciplinar integrativa Aprendizagem colaborativa Equipe P3BL	Tradicional Aprendizagem interdisciplinar integrativa Aprendizagem colaborativa Equipe P3BL	Tradicional Aprendizagem interdisciplinar integrativa Aprendizagem colaborativa Equipe P3BL	Tradicional Aprendizagem interdisciplinar integrativa Aprendizagem colaborativa Equipe P3BL	Tradicional Aprendizagem interdisciplinar integrativa Aprendizagem colaborativa Equipe P3BL	Tradicional Aprendizagem interdisciplinar integrativa Aprendizagem colaborativa Equipe P3BL	Tradicional Aprendizagem interdisciplinar integrativa Aprendizagem colaborativa Equipe P3BL	Dimensão Processo Cognitivo
						Lembrar	
						Entender	
						Aplicar	
						Analisar	
						Avaliar	
						Criar	

Figura 9 - Análise dos cursos de graduação com base nas tabelas de conhecimento construídas.

Também pode ser observado na

Figura 90 que existe forte evidência do emprego do método tradicional de ensino-aprendizagem. Além disso, o processo está amparado no conteúdo ministrado e a dimensão do processo cognitivo está relacionada a resultados de aprendizagem que ressaltam características de domínio do conteúdo técnico para aplicação em atividades profissionais ou tecnológicas.

Com base na análise geral dos cursos de Engenharia de Transportes e Engenharia da Mobilidade em relação aos cursos de Engenharia Civil concluiu-se que não existem diferenças em termos de conteúdos, resultados de aprendizagem e metodologias de ensino. Tanto na dimensão de conhecimento, quanto na dimensão do processo cognitivo ocorrem os mesmos procedimentos em termos de transferência de conteúdo e dinâmica de aprendizagem.

O uso de metodologias de aprendizagem ativas não está proposto nem detalhado formalmente em nenhum dos cursos analisados nas fontes de informação pesquisadas. Observou-se apenas na UFRGS e na UFSC a utilização de atividades que remetem à aprendizagem interdisciplinar integrativa e colaborativa, respectivamente.

Ficou claro, com base nos resultados de aprendizagem analisados, que todos os cursos possuem foco nos conteúdos a serem aprendidos e com orientação individual. Resultando assim no domínio de conteúdo técnico para aplicação em contextos do mercado de trabalho. Esta questão pode ser evidenciada na dimensão do processo cognitivo na Figura 10, pois os resultados de aprendizagem remetem às parcelas de conhecimento e competência da dimensão do processo cognitivo, que estão vinculadas às etapas de lembrar, entender e aplicar.

4. Alguns Elementos levantados da Discussão na Sessão Dirigida de Aprendizagem Ativa

A discussão na Sessão Dirigida Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia ocorrida no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) em Blumenau em outubro de 2011 apontou alguns elementos relativos à fundamentação teórica e sobre as experiências com estratégias de aprendizagem ativa conduzidas em algumas escolas de Engenharia no Brasil.

Antes de tudo, há que se destacar que estratégias de aprendizagem ativa já são utilizadas há algum tempo em alguns cursos superiores, como é o caso da arquitetura e em algumas

escolas de medicina. Os cursos de engenharia têm menos exemplos de aplicação dessas estratégias, no entanto, nota-se no COBENGE um aumento no número de trabalhos relatando experiências, ou discutindo temas relacionados às estratégias de aprendizagem ativa, principalmente relacionados ao PBL. Isto indica que os professores e cursos estão sensíveis à necessidade de promover estratégias que coloquem o aluno como protagonista do seu processo de aprendizagem.

A seguir, são apresentados os elementos relativos à fundamentação teórica e sobre as experiências com estratégias de aprendizagem ativa que foram apontadas na discussão.

4.1. A avaliação da aprendizagem

O primeiro ponto refere-se à inquietação sobre as técnicas de verificação de aprendizagem quando se faz uso de estratégias de aprendizagem ativa. Neste sentido, a discussão sobre métodos quantitativos, através dos quais se podem estabelecer uma métrica precisa, em contraposição aos métodos qualitativos, que consideram que aspectos subjetivos, com mensuração menos objetiva ganha destaque, e nota-se a necessidade de mensuração de resultados de aprendizagem, muitas vezes vinculados à quantificação de conteúdos.

As experiências relatadas indicam pouco uso de instrumentos como testes e avaliações, ainda que sejam utilizados, como é o caso das experiências relatadas nas seções 3.3 e 3.4. Instrumentos como entrevistas com os alunos e os diários de registros são apontados como elementos utilizados na avaliação da aprendizagem do aluno.

O uso de relatórios, a elaboração de artigos científicos, as avaliações orais e o *feedback* dos alunos sobre sua inserção no mercado de trabalho após se formarem, aparecem, de forma mais intensa, como indicadores de sucesso do método utilizado na aprendizagem dos alunos. Este resultado qualitativo foi trazido na discussão pelos autores das experiências relatadas nas seções 3.1, 3.2 e 3.5. Outro instrumento utilizado como processo de avaliação é o Projeto Anual, que tem papel semelhante ao de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), só que realizado ao final de um ano letivo. Ele surge como elemento que consolida a aprendizagem de alunos, ao passarem pelo desafio de solucionar um problema.

A preocupação com o uso de instrumentos objetivos parece estar ligada à necessidade de se manter controle sobre a

aprendizagem de conteúdos, o que é bastante pertinente no processo educacional. No entanto, outras dimensões de aprendizagem, como as ligadas às habilidades e atitudes, são destacadas nos trabalhos e nas intervenções dos participantes da Sessão Dirigida. Isso indica que a avaliação nas abordagens de aprendizagem ativa deve considerar estas dimensões, que não podem ser avaliadas somente da forma objetiva pela realização de testes e provas, instrumentos essencialmente utilizados na avaliação de conteúdos.

4.2. Avaliação das estratégias de aprendizagem

Para além da verificação da aprendizagem específica do estudante, surge outra preocupação, que é a da avaliação do uso de estratégias de aprendizagem ativa, e sua comparação com estratégias que não têm essa diretriz na forma de trabalho com o aluno. Esta preocupação vincula-se à avaliação da eficácia e da eficiência das estratégias de aprendizagem ativa.

Neste aspecto há quem defenda que estabelecer o padrão de comparação irá dar subsídios para se realizar um julgamento sobre as estratégias. Por outro lado, há quem defenda que as estratégias de aprendizagem ativa promovem ganhos e aprendizagem que não podem ser comparados com as estratégias não ativas, dificultando e até mesmo tornando pouco pertinente esta comparação. Existem experiências, como a relatada na seção 3.2 que, desde sua implantação, utilizam experiências de aprendizagem ativa em sua proposta metodológica, mais precisamente o PBL, e não tem resultados alcançados com outras estratégias de ensino, o que impede a comparação de forma direta. Por outro lado, o envolvimento dos estudantes nas atividades propostas é considerado como um indicador do sucesso da abordagem utilizada como afirmam autores das experiências relatadas nas seções 3.2 e 3.3.

Fica evidente que há a necessidade de se aprofundar a investigação sobre o uso de estratégias de aprendizagem ativa, visando estabelecer um padrão de comparação entre grupos de estudantes sujeitos a estes métodos e grupos que não estão sujeitos a ele.

De modo mais abrangente, o aprofundamento no estudo sobre estas estratégias pede investigação que busque desde a identificação de propostas, no cenário da educação em engenharia no Brasil, que realmente se enquadram nesta categoria, até

pesquisas que estabeleçam quais os determinantes de aprendizagem com o uso destas estratégias. A investigação deve envolver ainda a adequação de estratégias à realidade de cursos noturnos, que comumente atende alunos trabalhadores, que chegam à escola em condições diferentes de alunos de cursos diurnos.

Existem inúmeros professores e cursos que já utilizam, em disciplinas ou conjunto de disciplinas no ensino de engenharia, estratégias de aprendizagem ativa, muitos dos quais ainda não têm plena consciência desta ação. Por outro lado, cursos ou disciplinas que se declaram como tendo diretrizes ligadas à aprendizagem ativa, talvez não o façam com alto desempenho, por falta de alinhamento com a estrutura destas propostas ou, por falta de conhecimento amplo sobre os resultados de experiências já consolidadas. Isto demanda um aprofundamento na reflexão sobre o real significado de aprendizagem ativa, e como fazer uso dessas estratégias de modo eficiente.

Experiências como as de PRINCE (2004), MAZUR (1997) e outros, necessitam ser consideradas na elaboração de estratégias que visem efetivamente uma melhor aprendizagem e o envolvimento do aluno neste processo.

4.3. Receptividade dos estudantes às abordagens de aprendizagem ativa

O uso de estratégias de aprendizagem ativa passa por um desafio que é a necessidade de mudança de atitude do estudante frente ao compromisso de aprendizagem. Este desafio é, muitas vezes, amplificado pelo fato do aluno ingressar em uma instituição longe de sua origem, o que potencializa o insucesso ou a frustração com a escola.

Visando minimizar as dificuldades de enfrentar uma nova estratégia de trabalho em sala de aula, existem experiências como a da UEFS, na qual os estudantes passam por um período de integração no 1º semestre, antes de assumirem os trabalhos na estrutura de PBL. Este trabalho é planejado por uma comissão que faz a gestão do PBL na universidade. Se existem dificuldades iniciais, a superação desta etapa inicial aponta como resultado um estudante que passa a encarar esta metodologia de modo mais natural, incorporando a necessidade de ser um agente do processo.

A aridez que existe em alguns cursos de engenharia, como o curso de Engenharia Elétrica, é citada como um fator que leva muitos estudantes a desistirem do curso. Surge, então, a

preocupação de que, ao se fazer uso de estratégias de aprendizagem ativa, isso poderia aumentar a insatisfação do estudante e, conseqüentemente, a evasão. Os autores da experiência relatada na seção 3.1 ponderam que, dosar os problemas de modo a não criar dificuldades que possam representar uma sobrecarga e, como consequência, desestímulo ao estudante e sua desistência, é um fator a se considerar.

4.4. Receptividade dos professores às abordagens de aprendizagem ativa

O uso de estratégias de aprendizagem ativa tem também a resistência de professores, que, na maioria dos casos, formados dentro de uma estrutura tradicional, levam para a sala de aula suas histórias de vida e experiências enquanto alunos. A mudança na forma de conduzir o trabalho em sala de aula exige a disponibilidade para aprender a conduzir o processo, tornando-se um colaborador e um aprendiz juntamente com o estudante.

Na experiência conduzida na UEFS e relatada na seção 3.2, tanto os professores já experientes como os que ingressam no magistério superior, passam por um processo de formação, que envolve oficinas para vivenciar e aprender sobre o PBL.

A receptividade dos professores ao uso de estratégias de aprendizagem ativa é variada. A necessidade de contextualização de conteúdos tem se tornado maior em sala de aula, o que, dentro de cursos de engenharia conduz a propostas nas quais os trabalho interdisciplinares pode ser um diferencial. Por sua vez estas estratégias demandam tempo e espaço para que professores se encontrem e discutam como realizar estas propostas, principalmente entre professores de disciplinas do Ciclo Básico, com os professores de disciplinas de Engenharia. Um desafio é esta aproximação.

4.5. As abordagens ativas e os conteúdos a serem desenvolvidos

Cobrir ou não os conteúdos quando se discute abordagens de trabalho em sala de aula, é uma questão que não cala. A percepção geral é que estratégias tradicionais têm como diretriz principal a exposição de todo o conteúdo de uma dada disciplina. Já as estratégias de aprendizagem ativa, que requererem acompanhamento mais próximo por parte do professor, levam a um envolvimento e a uma dificuldade de se cobrir todo o conteúdo.

A escolha entre o todo e aquilo que é estruturante para a construção do conhecimento ganha relevância, na medida em que ter a pretensão de ensinar tudo é impraticável, ainda mais em um mundo que multiplica o conhecimento de forma gigantesca com o passar do tempo. Garantir autonomia, visão crítica, capacidade de representação de modelagem e capacidade de comunicação é o que se tem que considerar como objetivo no trabalho da escola. Há que se considerar a necessidade de se trocar a quantidade pelo que realmente é estruturante para a formação do estudante, como apontado pelos autores da experiência relatada na seção 3.3.

Isto é desafiador, porque é um processo de aprendizagem na docência. A inovação dos currículos tem que passar por essa reflexão privilegiando a competência e não apenas o conteúdo.

4.6. As abordagens ativas e as disciplinas em que se inserem

Um ponto crítico relativo ao uso de estratégias de aprendizagem ativa é relativo a quais disciplinas ou etapa do curso de engenharia podem se beneficiar ou promover programas com esta orientação.

O uso de estratégias de aprendizagem ativa, como por exemplo, mais precisamente o PBL, em disciplinas das séries mais avançadas nos cursos de engenharia é recebido de forma mais aceitável, já que com elas se traz para sala de aula, como motivação, problemas da engenharia, que encontram grande receptividade pelos estudantes. Por sua vez, as disciplinas do ciclo básico, têm maior dificuldade em promover a aproximação de seus conteúdos com aqueles próprios da engenharia. Os autores da experiência relatada na seção 3.3 têm procurado esta aproximação em uma disciplina ligada à área de matemática.

Na Sessão Dirigida, dois dos trabalhos apresentados relatavam experiências da disciplina Introdução à Engenharia (vide as experiências 3.4 e 3.5). Embora esta seja uma disciplina do 1º ano, são apresentados problemas de engenharia aos alunos, que devem buscar solucioná-los, ainda que não tenham bagagem completa no que se refere a conteúdos para fazê-lo. Isso pressupõe que as soluções encontradas, devem ser interpretadas dentro desta limitação. As disciplinas INTENG e PNV2100 aparecem como uma estratégia que aproxima o estudante daquilo que ele vem buscar em um curso de engenharia que é praticar engenharia.

As experiências de metodologias ativas implantadas em escolas de engenharia no Brasil já apontam resultados, que muitas vezes indicam a necessidade de um realinhamento nas suas concepções iniciais, também quanto à organização da estrutura curricular do curso. Inovar nas séries iniciais é o caminho, seja buscando ações interdisciplinares, seja trazendo desafios de engenharia para o início do curso, ou ainda fazendo uso de estratégias que coloquem o aluno numa situação de reflexão sobre os conteúdos abordados, como a experiência de MAZUR (1997).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aperfeiçoamento da prática educacional só pode ser obtido por meio do melhoramento sistemático da atuação pedagógica. Este aperfeiçoamento se inicia a partir de reflexões sobre o fazer pedagógico, bem como da descentralização do papel monopolizador do professor em sala de aula e do conhecimento de teorias que podem dar suporte às mudanças metodológicas inovadoras na educação em engenharia.

Diante disso, é possível dizer que a aplicação de estratégias de aprendizagem ativa contribui para promover o desenvolvimento de novas habilidades procedimentais e de novos valores. Nessa perspectiva, considera-se que um ensino de nível superior em Engenharia é de certa forma, um multiplicador da capacidade da sociedade de lidar com seus problemas, desafios, intervenções e proposições. Mas esse ensino só poderá ser efetivado, superando equívocos conceituais, procedimentos ineficazes e produzir conhecimentos novos nessa área.

De fato, nos últimos anos, tais discussões têm ocupado mais espaço em congressos nacionais e internacionais, dentre os quais se destacam o COBENGE (Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia) e o ALE (*International Workshop on Active Learning in Engineering Education*), vide www.ale-net.org, nos quais a interdisciplinaridade e estratégias de aprendizagem ativa têm se destacado como possibilidade de atender às novas demandas.

Espera-se que esta Sessão Dirigida tenha cumprido seu papel de fazer um levantamento dos pesquisadores e interessados em estratégias pedagógicas de Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia e seja o passo inicial para a introdução no COBENGE desse tema, que se mostra cada vez mais importante na prática da Educação em Engenharia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABET - U. S. **Accreditation Board for Engineering and Technology** – Disponível em: <<http://www.abet.org>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

ALVARSTEIN, V.; JOHANNSEN, L. K. **Problem-based learning approach in teaching lower level logistic and transportation**. International Journal of Physical Distribution & Logistic Management, Volume 31, no 7/8, 557-573, 2001.

ANDERSON, L. W. et. al. **A taxonomy for learning, teaching and assessing**: a revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Nova York: Addison Wesley Longman, 2001. 336 p.

ANGELO, T. A.; CROSS, K. P. **Classroom assessment techniques**: A handbook for college teaching, 2. ed. San Francisco: Jossey-Bass, 1993.

ARAUJO, U. F.; ARANTES, V. A. Comunidade, conhecimento e resolução de problemas: O projeto acadêmico da USP Leste. In: ARAUJO, U. F.; SASTRE, G. **Aprendizagem baseada em problemas**: no ensino superior. São Paulo: Summus, 2009.

ARRUDA, S. M., VILLANI, A. Mudança Conceitual no Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis: Editora da UFSC, v. 11, n. 2, p. 88-99, 1994.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**, Lisboa: Editora Plátano, 2003.

BARBIER, R. **A Pesquisa-Ação**. Brasília: Liber Livro Editora, 2003.

BARREIRO, A. C. M.; NAKAO, O. S.; NASCIMENTO, O. R. **Avaliando na área de ciências exatas: duas experiências**. In: FELTRAN, R. C. DE S., BARREIRO, A. C. M., BARREIRO J. C. (Org.) Experiências em avaliação na universidade. Taubaté: Cabral Ed e Livraria Universitária, 2003.

BECKER, F. S. Why don't young people want to become engineers? Rational reasons for disappointing decisions. **European Journal of Engineering Education**, v. 35, n. 4, August 2010, p. 349-366.

BILL, A.; BEYERLEIN, S.; HEASLIP, K.; HURWITX, D. S.; BEMHARDT, K. L. S.; KYTE, M.; YOUNG, R. K. Development of knowledge tables and learning outcomes for the introductory course in transportation engineering. **Proceedings of the 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board** (CD-ROM), 2011.

BOLOGNA Declaration on the European space for higher education. Disponível em: <http://ec.europa.eu/education/policies/educ_bologna/bologna.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2011.

BONWELL Charles C., **Active Learning: Creating Excitement in the Classroom.** <http://www.ydae.purdue.edu/lct/hbcu/documents/Active_Learning_Creating_Excitement_in_the_Classroom.pdf> Acessado em 30/07/2011

BONWELL, C.; EISON, J. **Active learning: Creating excitement in the classroom** (ASHE-ERIC Higher Education Report, n. 1). Washington, DC: George Washington University, 1991. Abstract online at http://www.ed.gov/databases/ERIC_Digests/ed340272.html

BOOTH, I. A. S.; VILLAS-BOAS, V.; CATELLI, F. Mudança Paradigmática dos Professores de Engenharia: Ponto de Partida para o Planejamento do Processo de Ensinar. In: OLIVEIRA, V. F.; GIORGETTI, M. F.; ROCHA, A. A. (Org.). **Educação, Mercado e Desenvolvimento: Mais e Melhores Engenheiros.** São Paulo: EPUSP, 2008, p. 11-20.

BOUND, D.; FELETTI, G. **The challenge of Problem-Based Learning.** Kongan, 1998.

BOYER, E. L. **Reinventing Undergraduate Education: A Blueprint for America's Research Universities.** Boyer Commission on Educating Undergraduates in the Research University. Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching. 1998.

BRODEUR, D. R.; YOUNG, P. W.; BLAIR, K. B. Problem-Based Learning in Aerospace Engineering Education. **Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition**, Copyright 2002, American Society for Engineering Education.

BURNHAM, T. F. **Análise contrastiva:** memória da construção de uma metodologia para investigar a tradução de conhecimento científico em conhecimento público. Datagramazero Revista de

Ciência da Informação, www.dgz.org.br, rev eletronic. v. 03, n. 3, 2002.

CARDOSO, A. T. M.; SCHEER, A. de P. Diagnóstico do acompanhamento acadêmico dos calouros de engenharia química da UFPR. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, XXXI, 2003, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: IME, 2003. CDRom.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PEREZ, D. **Formação de professores de ciências**: tendências e inovações. 2ª ed. São Paulo: Cortez. 1995. 120 p.

COMMITTEE on Engineering Education. **Educating the Engineer of 2020**: Adapting Engineering Education to the New Century. Committee on the Engineer of 2020, Phase II, National Academy of Engineering, 2005

COWARD, H. R.; AILES, C. P.; BARDON, R. **Progress of the Engineering Education Coalitions – Final Report**. Engineering Education and Centers Division, National Science Foundation, USA, 2000.

CROUCH, C. **Peer Instruction**: An interactive approach for large classes. *Optics and Photonics News*, 9 (9), 37–41, 1998.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E. **Peer Instruction**: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69, 970–977, 2001.

DA SILVEIRA, M. A.; COSTA, T.; DO CARMO, L. C. S.; PARISE, J. A. **A hands-on course for 500 students: Introduction to Engineering in PUC-Rio**, Proceedings of the ICEE98, Rio de Janeiro, 1998. CDRom.

DESLILE, R. **Use Problem-Based Learning in the classroom**. Virginia: ASCD, 1997.

DUCH, B *et al.* **The power of Problem-Based Learning**. Virginia: Stylus Publishing, 2001.

DU, X.; GRAAFF, E. de; KOLMOS, A. Research on PBL Practice in Engineering Education, Netherlands: Sense Publishers. May 22, 2009.

EC2000. Engineering Criteria 2000. Disponível em: <<http://www.abet.org/history.shtml>>. Acesso em: 30 jul. 2011.

ESCRIVÃO Filho, E.; RIBEIRO, L. R. **Aprendendo com PBL - Aprendizagem baseada em problemas**: Relato de uma experiência em cursos de engenharia da EESC-USP. Minerva: Pesquisa e Tecnologia, Volume 6 (1), p. 23-30, 2009.

FALAND, B.; FRENAY, M. (eds.) (2006). **Problem and Project Based Learning in High Education: Impact, Issues, and Challenges**, Louvain-la-Neuve: Presses Universitaires de Louvain.

FELDER, R. M. Cooperative learning in technical courses: Procedures, pitfalls and payoffs. ERIC Document Reproduction Service Report ED 377038, 1994.

FELDER, R. M. Beating the numbers game: Effective teaching in large classes, 1997 ASEE **Annual Conference**, Milwaukee, WI, June 1997.

FELDER, R. M., WOODS, D. R., STICE, J. E., RUGARCIA A. The Future of Engineering Education III. Developing Critical Skills **Chem. Engr. Education**, 34(2), 108–117, 2000.

FELDER, R. M.; BRENT, R. **Active Learning**: An Introduction. ASQ Higher Education Brief, 2(4), Aug. 2009. Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/ALpaper%28ASQ%29.pdf>>.

FERRAZ, A. P. DO C. M.; BELHOT, R. V. **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais** Gestão e Produção [online]. Vol.17, n.2, 421-431, 2010.

FERRAZ, A. P. DO C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais – Gestão & Produção, v.17, n. 2, São Carlos, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2010000200015&script=sci_arttext>.

FINK, L. D. **Creating significant learning experiences**: an integrated approach to designing college courses, New York: Jossey-Bass, 2003.

FREITAS, M. T. A, **Contribuições da Pesquisa Sócio-histórica para a Formação do Professor de Engenharia**. In.: PINTO, D. P.; NASCIMENTO, J. L. Org. Educação em Engenharia – Metodologia. Rio de Janeiro: Mackenzie, 2002.

FRIEDMAN, L. T. **O Mundo é Plano: Uma Breve História do Século XXI**. Rio de Janeiro: Objetiva. 2006

FRIGOTTO, G. A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas Ciências Sociais. **Revista do Centro de Educação e Letras**. UNIOESTE, Campus Foz do Iguaçu, v.10, n.1, p.41-62, 1995.

GABB, R.; STOJCEVSKI, A. Designing Problem-based Learning for Student Success. **Proceedings of the 37th SEFI Annual Conference, European Society for Engineering Education**, 2009.

GOMES, F. J.; PINTO, D. P. Ampliando Horizontes na Graduação através da Mobilidade Acadêmica: Exemplo de um Caso Concreto. **COBENGE 209, Recife**, 2009

GOMES, F. J.; SILVA, A. A.; REIS, A. L. E.; ARAUJO, F. T. H.; VIANNA, T. A. J.; MELO, L. M. F.; VIOL, R. S. Utilização da WEB 2.0 para Formação de uma Visão Crítica sobre Sustentabilidade Energética, **IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética – IV CBEE**, Juiz de Fora, 2011.

GRAAFF, E. de, CHRISTENSEN, H. P., Editorial: Theme issue on active learning in engineering education, **European Journal of Engineering Education**, vol. 29 (4), 2004.

GRAAFF, E. de; KOLMOS, A. **Management of Change Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering**, Netherlands: Sense Publishers, (2007).

HAGER, P; HOLLAND, S. (Edit.). **Graduate Attributes, Learning and Employability**. Springer Verlag, Dordrecht, The Netherlands, 2006

Instruction at FSU: A Guide to Teaching and Learning Practices. Center for Teaching & Learning, 6th edition, Florida State University, 2010.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; SMITH, K. A. **Active learning: Cooperation in the college classroom**, 2^a ed. Edina, MN: Interaction Book Co, 1998.

KING, A. **From sage on the stage to guide on the side**. College Teaching, 41 (1), p. 30-35, 1993.

KYTE, M.; DIXON, M.; ABDEL-RAHIM, A.; BROWN, S. A process for improving the design of transportation curriculum materials with

examples. **Proceedings of the 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board** (CD-ROM), 2010.

LEITE, L. B., As dimensões interacionista e construtivista em Vygotsky e Piaget. In: **Cadernos CEDES**, n. 24. p. 25-31. 1991.

LOCHHEAD, J.; WHIMBLEY, A. Teaching analytical reasoning through thinking aloud pair problem solving. In: J. E. Stice (Ed.). **Developing critical thinking and problem-solving abilities: New directions for teaching and learning**. n. 30. San Francisco: Jossey-Bass, 1987.

LYMAN, F. T. **The responsive classroom discussion: The inclusion of all students**. In A. Anderson (Ed.). *Mainstreaming Digest*, p. 109-113. College Park: University of Maryland Press, 1981.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.; **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MATTASOGLIO Neto, O, ARA, A. B., BOSCAINO, E. G. Modificações nas representações de alunos num curso de engenharia após cursarem as duas primeiras séries do ciclo básico. In: *Actas do Seminário Internacional de Educação e Trabalho*. Aveiro, Portugal. **Actas**. Universidade de Aveiro, 2005.

MATTASOGLIO Neto, O. O desafio das séries iniciais. **Revista Ensino Superior**: São Paulo. Ano 10, n. 116. p. 48. 2008.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A User's Manual**. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1997.

McGREW, R.; SAUL, J.; TEAGUE, C. **Instructor's manual to accompany physics for scientists and engineers** 5th ed.. New York: Serway & Beichner, 2000.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. Conselho Nacional de Educação / Câmara de Educação Superior. Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia. **Resolução CNE/CES nº 11**, de 11 de março de 2002.

MIZUKAMI, M. G. N., **Ensino: As abordagens do processo**. São Paulo: E.P.U., 1986.

MONTEFUSCO, R. **Disciplina Introdução à Engenharia: análise e avaliação** Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, Mestrado, 2004.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. 2.ed. São Paulo: Centauro, 2006.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2007.

NAKAO, O. S.; BRINATI, H. L. Evaluation processes in tune with new personal and professional perspectives. **Anais: ICEE 2007**, Coimbra.

NAKAO, O. S.; BRINATI, H. L.; GRIMONI, J. A. B. Acceptance of Innovative Technical of Teaching and Learning. In: **ICEE : An International Conference on Engineering Education**, 2011, Belfast. ICEE : An International Conference on Engineering Education. Belfast : ICEE, 2011.

NATIONAL Academy of Engineering. **The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century**. National Academies Press, NY, 2004.

NOVAK, G. M.; PATTERSON, E. T.; GAVRIN, A. D.; CHRISTIAN, W. **Just-In-Time-Teaching: Blending Active Learning with Web Technology**, Prentice Hall, 1999.

OLIVEIRA, J. M. de. E se aprendêssemos fazendo. **Atas. I Seminário Mauá de Ensino**. São Caetano do Sul: CEUN-IMT. 2004.

PADILHA, F. Q.; GOMES, F. J; FREITAS, L. P.; GAMA, V. A. Desenvolvimento de uma Plataforma HILs para Educação em Controle. **Congresso Brasileiro de Automática**. Bonito, MS, 2010.

PADILHA, F. Q.; GOMES, F. J; COELHO, A. A.; GAMA, V. A. Ampliando o Espaço Laboratorial: Educação em Controle através de Ambiente HILs baseado em FOSS, **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2010**, Fortaleza, 2010.

PADILHA, F. Q.; GOMES, F. J; COELHO, A. A.; GAMA, V. A. Uma Proposta HILs para Educação em Controle de Processos, **10º Congresso Interamericano de Computación Aplicada a la Industria de Procesos**, Girona, Espanha, 2011.

PADILHA, F. Q.; GOMES, F. J; FREITAS, L. P.; GAMA, V. A. Development of a Foss- Based Hardware- In- The- Loop Platform for Control Engineering Education. **Revista da Sociedade Brasileira de Automática**, 2011 (aprovado).

PASCUAL, R. **Enhancing project-oriented learning by joining communities of practice and opening spaces for relatedness**, European Journal of Engineering Education, 35: 1, 3 — 16, 2010.

PAVÃO, A. C. *et ali*. O uso de experimentos antes da apresentação de conteúdo teóricos no ensino de Física. In: XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. São Paulo SP. **Anais do COBENGE 2008**, São Paulo: Centro de Convenções Bourbon, 2008. CDRom.

PIAGET, J. **Fazer e compreender**. São Paulo: Melhoramentos, Edusp, 1978.

PIAGET, Jean. **Abstração reflexionante; relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais**. [1977]. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. Tradução: BECKER, F e GONÇALVES da SILVA, P. B.

PIMENTA, S. G.; ANASTASIOU, L. das G. C. **Docência no Ensino Superior**. São Paulo: Cortez, 2002.

PINTO, D. P., BRAGA, H. A. C. e SILVA JÚNIOR, J. P. “A Disciplina Eficiência Energética: Características e Metodologia de Ensino-Aprendizagem” – **XXXIII COBENGE – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**, Campina Grande - PB, 12 a 15 de setembro de 2005.

PINTO, D. P., BRAGA, H. A. C., CASAGRANDE, C. G. A Disciplina e o Laboratório de Eficiência Energética da UFJF: Formação, Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia para o Combate ao Desperdício de Energia In: **Educação em Engenharia: Evolução, Bases, Formação** ed.Juiz de Fora : Fórum Mineiro de Engenharia de Produção, 2010.

PINTO, D. P., BRAGA, H. A. C.. The Discipline and the Energy Efficiency Laboratory (LEENER): Formation, Development and Transference of Technology for the Combat to the Energy Waste. In: **POWERENG 2007**, Setúbal, Portugal, 2007.

PINTO, G. R. P. R.; BURNHAM, T. F.; PEREIRA, H. B. de B. Uma interpretação do PBL baseada na perspectiva da complexidade. In: **XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, 2009, Recife. Anais. XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2009.

PINTO, G. R. P. R.; BURNHAM, T. F. Recursos educacionais e estratégia para motivar a aprendizagem de estudantes de

engenharia em disciplinas humanísticas. In: XXXVIII **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia** (Sessão Dirigida), 2010, Fortaleza. COBENGE2010, 2010.

PORTARIA, 2010 MEC nº 976, de 27 de julho de 2010, D.O.U, 28/07/2010.

PORTILHO, E. M. L. **Como se Aprende? Estilos, estratégias e metacognição**. Rio de Janeiro: WAK, 2009.

PRINCE, M. **Does Active Learning Work?** A Review of the Research Journal of Engineering Education, 93(3), 223-231, 2004. Disponível em: <http://www.ncsu.edu/felder-public/Papers/Prince_AL.pdf>.

PRINCE, M. J; FELDER, R. M. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. **Journal of Engineering Education**, April, 2006.

RIBEIRO, L. R. C.; ESCRIVÃO FILHO, E. Um sistema de avaliação no ensino de engenharia: A visão dos alunos em uma experiência com o PBL. In: XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Curitiba PR. **Anais do COBENGE 2007**, Curitiba: UNICENP, 2007. CDRom.

RIBEIRO, L. R. C; MIZUKAMI, M. G. N. Uma implementação da aprendizagem baseada em problemas (PBL) na pós-graduação em Engenharia sob a ótica dos alunos. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**. Londrina, v.25, p.89-102, 2004.

RODRIGUES da SILVA, A. N. **A problem-project-practice based learning approach for transportation planning education**. PBL 2010 International Conference. São Paulo, 2010.

RODRIGUES da SILVA, A. N. **A problem-project-practice based learning approach for transportation planning education**. PBL 2010 International Conference. São Paulo, 2010.

SAMFORD. **Samford University PBL homepage**. Disponível em: <<http://www.samford.edu/pbl/history.html>>. Acesso em: jun. 2006.

SANDOVAL, J. S. de, CUDMANI, L. C. de, MADOZZO, M. J. de. Las Concepciones Epistemológicas de los Docentes en la Enseñanza de las Ciencia Fáticas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 17, no. 1, 1995.

SAUER, L. Z.; SOARES, E. M. S; LIMA, I. G.. Resolução de Problemas: Estratégia de Aprendizagem de Matemática para

Engenharia. **Anais. XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2006, CAXIAS DO SUL. COBENGE 2006.** Passo Fundo, 2006.

SCAVARDA, C. L. C., PARISE, J. A. R., SILVEIRA, M. A. da, **A educação em engenharia e as cadeias produtivas**, in SANDRONIO, F. A. R. (editor), *Cadernos de Tecnologia*, Volume 1, p. 127-138. Rio de Janeiro: Instituto Euvaldo Lodi, 2001.

SILVA, A. A.; REIS, A. L. E.; MONTEIRO, F. C. G.; SCHETTINO, H. J.; VIANNA, J. T. A.; MELO, L. M. F.; GOMES, F. J. Transversalidade na Educação em Engenharia com a WEB 2.0: o Projeto Energia Inteligente **COBENGE 2010**, Fortaleza, 2010.

SILVEIRA, M. A. A. **Formação do Engenheiro Inovador: uma visão internacional.** Sistema Maxwell, PUC, Rio de Janeiro, 2005.

SILVESTRE, V.; SCHUNEMANN, A.; ORDOÑEZ, A.; VAZ, J. C. **PBL e Agenda 21 - Problemas socioambientais na graduação de gestão de políticas públicas para sustentabilidade.** PBL 2010 International Conference. São Paulo, 2010.

SIMKINS, S.; MAIER, M. (Eds.). **Just in Time Teaching:** Across the Disciplines, Across the Academy, Stylus Publishing, 2010.

SRIDHARA, B. S. Teaching Engineering Fundamentals with a Project-Based Learning. **Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition** Copyright © 2005, American Society for Engineering Education.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Ciências & Cognição**, v. 13, n.1, p. 94-100, 2008.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** São Paulo, Martins Fontes, 1991.

WANKAT, P.C.; OREOVICZ, F. S. **Teaching Engineering.** Mcgraw-Hill College, New York, 1992.

WILLIAMS, J. M. The Engineering Portfolio: Communication, Reflection, and Student Learning Outcomes Assessment. **International Journal of Engineering Education**, v. 18, n^o 2, pp. 199- 207, 2002.

7. LISTA DE PRESENTES

1	Ana Cristina Morais da Silva	POLITÉCNICA / UFBA
2	Antônio André Chivanga Barros	FURB – Universidade Regional de Blumenau
3	Bruna Rosa de Barros	UFAL – Universidade Federal de Alagoas
4	Carlos Alberto Rosa	USP / ESCOLA POLITÉCNICA
5	Carlos Prado Junior	UNIOESTE / EESC / USP
6	Carmelita Vidigal	CES / UFJF
7	Cecília Stari Romano	Universidad de la República, Facultad de Ingeniería – URUGUAI
8	Danilo Pereira Pinto	UFJF – Universidade de Juiz de Fora
9	Eduardo Michel Vieira Gomes	UTFPR / FB
10	Francisco Catelli	UCS – Universidade de Caxias do Sul
11	Francisco de Salles C. Gomes	PUC – CAMPINAS
12	Francisco José Gomes	UFJF – Universidade de Juiz de Fora
13	Federico Davoine	Universidad de la República, Facultad de Ingeniería – URUGUAI
14	Gabriela Ribeiro Peixoto Rezende Pinto	UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana
15	Isolda Giani de Lima	UCS – Universidade de Caxias do Sul
16	Ivete Ana Schmitz Booth	UCS – Universidade de Caxias do Sul
17	José Adeildo de Amorim	UFAL – Universidade Federal de Alagoas
18	José Aquiles Baesso grimoni	USP / ESCOLA POLITÉCNICA
19	José Arthur Martins	UCS – Universidade de Caxias do

		Sul
20	Kátia R. G. Punhagui	USP / ESCOLA POLITÉCNICA
21	Laurete Zanol Sauer	UCS – Universidade de Caxias do Sul
22	Marilan Pedro Dumke	UNIDAVI / RIO DO SUL
23	Mário Garcia	CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO SANTO ANDRÉ
24	Mario Nalon de Queiroz	UFJF – Universidade de Juiz de Fora
25	Octavio Mattasoglio Neto	Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá
26	Odilon Giovannini Jr.	UCS – Universidade de Caxias do Sul
27	Oswaldo Shigueru Nakao	USP / ESCOLA POLITÉCNICA
28	Paulo Sérgio de Almeida Barbosa	USP / ESCOLA POLITÉCNICA
29	Rosires Catão Curi	UFMG – Universidade Federal de Campina Grande
30	Sílvio Galvão S. Cervantes	UEL / PR
31	Valquíria Villas-Boas	UCS – Universidade de Caxias do Sul