



**COBENGE 2005**

**XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFCG-UFPE

## **UM MODELO PEDAGÓGICO QUE INTEGRA A ABORDAGEM CONSTRUTIVISTA, APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E MODELOS DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

**José M Parente de Oliveira** – parente@ita.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Divisão de Ciência da Computação

Pca Mal do Ar Eduardo Gomes, 50 – CTA- Vila das Acácias

12228-900 – São José dos Campos - SP

***Resumo:** A expectativa de atuar como um engenheiro da especialidade escolhida e a necessidade própria da idade de mostrar sua capacidade de produzir coisas úteis ajudam a explicar a grande necessidade que os alunos de cursos de engenharia têm por uma vivência mais prática e concreta dos conhecimentos adquiridos ainda na fase fundamental do curso. Em conseqüência, o não atendimento dessas necessidades, muitas vezes, ocasiona descontentamento, baixa motivação e desinteresse pelo curso. Tais constatações sinalizam para a importância de se estruturar as atividades acadêmicas de forma a promover uma vivência mais prática em termos de aplicação dos conhecimentos, despertar o interesse pelos conteúdos apresentados e promover alto nível de engajamento dos alunos nas atividades programadas. Este artigo apresenta um modelo pedagógico que está sendo experimentado em disciplinas de introdução à computação e cálculo numérico, que se fundamenta em princípios da abordagem construtivista da aprendizagem e da aprendizagem baseada em problemas, e incorpora explicitamente aspectos de modelos de solução de problemas. Avaliações informais do uso desse modelo têm indicado receptividade favorável pelos alunos. Adicionalmente, a qualidade dos projetos realizados pelos alunos, parte dos requisitos para a conclusão com aproveitamento da disciplina, é um indicador a mais da utilidade do modelo.*

***Palavras-chave:** Abordagem construtivista da aprendizagem, aprendizagem baseada em problemas, modelos de solução de problemas, ensino de programação.*

### **1 INTRODUÇÃO**

Não é novidade que os anos iniciais de um curso de engenharia marcam um momento de transição importante na vida dos alunos. Nesse período, na percepção deles, a jornada para se tornar um profissional de uma determinada área está em pleno andamento. Com isso, não é exagero dizer que a expectativa de atuar como um engenheiro da especialidade escolhida e a necessidade própria da idade de mostrar sua capacidade de produzir coisas úteis ajudam a explicar a grande necessidade que os alunos de cursos de engenharia têm por uma vivência mais prática e concreta dos conhecimentos adquiridos ainda na fase fundamental do curso.

Em consequência, o não atendimento dessas necessidades, muitas vezes, ocasiona descontentamento, baixa motivação e desinteresse pelo curso.

Tais constatações sinalizam para a importância de se estruturar as atividades acadêmicas de forma a promover uma vivência mais prática em termos de aplicação dos conhecimentos, despertar o interesse pelos conteúdos apresentados e promover alto nível de engajamento dos alunos nas atividades programadas. Logicamente que isso tudo não deve significar prejuízo no efetivo tratamento dos aspectos teóricos,

Este artigo apresenta um modelo pedagógico que está sendo experimentado em disciplinas de introdução à computação e cálculo numérico. O modelo se fundamenta em princípios da abordagem construtivista da aprendizagem e da aprendizagem baseada em problemas, e incorpora explicitamente aspectos de modelos de solução de problemas. Avaliações informais do uso desse modelo têm indicado receptividade favorável pelos alunos. Adicionalmente, a qualidade dos projetos realizados pelos alunos, requisito para a conclusão satisfatória da disciplina, é um indicador a mais da utilidade do modelo.

O artigo está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 apresenta os principais fundamentos teóricos que serviram de base para o modelo pedagógico que está sendo experimentado. A Seção 3 apresenta o modelo pedagógico definido. A Seção 4 apresenta alguns exemplos de trabalhos realizados pelos alunos, frutos do emprego do modelo pedagógico. Finalmente, a Seção 5 apresenta algumas conclusões do trabalho.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Esta seção apresenta os principais fundamentos teóricos que serviram de base para o modelo pedagógico que vem sendo experimentado em disciplinas de introdução à computação e cálculo numérico. Esses fundamentos se referem à abordagem construtivista da aprendizagem, princípios da aprendizagem baseada em problemas e modelos de problema.

### **2.1 Abordagem Construtivista**

A abordagem construtivista oferece um conjunto de princípios que favorecem a estruturação de atividades de aprendizagem de forma a promover uma postura mais ativa dos alunos. Savery e Duffy (1995) identificam, dentre outros, os seguintes princípios que podem orientar a prática do ensino e o projeto de ambientes de aprendizagem:

- Ancorar as atividades de aprendizagem a uma tarefa maior ou problema – Segundo esse princípio, o ser humano aprende para funcionar mais eficaz e eficientemente no mundo.
- Apoiar os alunos a desenvolver apropriação do problema ou tarefa geral – Independentemente dos objetivos educacionais definidos, os objetivos dos alunos determinam em grande medida o que eles aprenderão. Por esse motivo, é importante que os objetivos que os alunos trazem para o ambiente sejam consistentes com os objetivos definidos.
- Empregar ambientes de aprendizagem autênticos – Um ambiente de aprendizagem autêntico é aquele em que as demandas cognitivas são consistentes com as demandas cognitivas do ambiente para o qual os alunos estão sendo preparados.
- Permitir que os alunos se apropriem do processo usado para desenvolver uma solução – Além do problema em si, os alunos devem se apropriar do processo de solução de problemas.

- Organizar o ambiente de aprendizagem de forma a apoiar e desafiar o pensamento dos alunos – A idéia desse princípio é apoiar os alunos a pensar efetivamente sobre o domínio particular.
- Testar idéias de acordo com visões e contextos alternativos – O fato de uma pessoa comparar a sua compreensão de um assunto com a de outras pessoas de um grupo social permite que ela incorpore questões e visões das outras pessoas à sua compreensão.

A partir da visão construtivista, os princípios acima são importantes para o desenvolvimento de autonomia, transferência de conhecimento e uma visão mais ativa do conceito de aprendizagem. Por outro lado, esses princípios não tratam dos aspectos sobre como estruturar as atividades de aprendizagem propriamente.

## **2.2 Primeiros Princípios de Instrução**

A partir da revisão de teorias de projeto instrucional, Merrill (2002) identifica um conjunto de princípios prescritivos que são comuns a várias teorias. Os princípios identificados por Merrill são os seguintes:

1. Aprendizagem é promovida quando os alunos se engajam na solução de problemas reais.
2. Aprendizagem é promovida quando experiência prévia relevante é ativada como base para novo conhecimento.
3. Aprendizagem é promovida quando novo conhecimento é demonstrado para os alunos.
4. Aprendizagem é promovida quando novo conhecimento é aplicado pelos alunos para a solução de problemas.
5. Aprendizagem é promovida quando novo conhecimento é integrado ao mundo dos alunos.

Para Merrill (2002), o termo problema inclui um amplo espectro de atividades. Um problema representa uma atividade como um todo representativo do que os alunos encontrarão no mundo real, em vez de somente partes de uma tarefa maior.

O segundo princípio se baseia no fato de que para absorver novos conhecimentos, o aluno precisa ter uma base para isso. Caso o aluno possua experiências prévias relevantes, essas experiências devem ser ativadas. Caso contrário, deve-se proporcionar conhecimento ou experiências relevantes para servirem de base para o novo conhecimento. Esses conhecimentos e experiências podem ser vistos ainda como estruturas ou modelos mentais que são usados para organizar novos conhecimentos.

De acordo com o terceiro princípio, o ensino é mais eficaz quando informação é demonstrada por meio de situações específicas ou casos. Adicionalmente, é importante guiar a atenção do aluno para a informação relevante na tarefa em questão. Entretanto, ao longo do processo de ensino, essa orientação do foco de informação deve ser reduzida até o momento em que o aluno adquira autonomia para tal.

De acordo com o quarto princípio, fica evidente a importância da aplicação de conhecimento para a solução de problemas no processo de aprendizagem. Os alunos devem solucionar diversos problemas dispostos em níveis graduais de dificuldade. Na solução de problemas, é importante que o aluno seja apoiado por realimentações apropriadas, em termos de informações sobre erros cometidos e correções necessárias. Entretanto, esse apoio deve ser gradualmente retirado.

Na integração do novo conhecimento ao mundo do aluno, descrita no quinto princípio, Merrill (2002) identifica três fatores importantes. O primeiro fator destaca a importância de se oferecer a possibilidade de os alunos demonstrarem seus conhecimentos ou habilidades. O segundo fator refere-se à importância de os alunos refletirem, discutirem e defenderem seu novo conhecimento. Finalmente, o terceiro fator ressalta os benefícios de os alunos poderem criar, inventar e explorar formas novas e pessoais de usar seu conhecimento.

Apesar de ter os problemas como centro de referência, a teoria de Merrill não proporciona um tratamento mais detalhado sobre como os diferentes tipos de problemas podem ser utilizados.

### **2.3 Modelos de Problemas**

A solução de problemas está entre as mais importantes atividades cognitivas e sociais nos contextos pessoais e profissionais (Jonassen, 2000). Jonassen (1997) separa problemas em bem estruturados (*well-structured*) e não estruturados (*ill-structured*), para uso em contextos educacionais formais.

Problemas bem estruturados são problemas restritos, com soluções convergentes que pressupõem a aplicação de um número limitado de regras e princípios com parâmetros bem definidos. O processo de solução desses problemas começa com a geração de uma representação do problema pelo aluno. Qual é o problema e suas causas? Qual é o tipo desse problema? Essa etapa envolve a decomposição do problema em subproblemas. Em seguida, o aluno realiza uma busca ou gera possíveis soluções para o problema, que são então implementadas e testadas. O processo de representar o problema, gerar solução, implementá-la e testá-la continua até que uma solução satisfatória seja obtida.

Problemas não estruturados possuem múltiplas soluções, múltiplos caminhos de solução, menos parâmetros claramente fornecidos e incerteza quanto aos conceitos, regras e princípios necessários para a sua solução. Esses problemas raramente têm uma única melhor solução. Pelo contrário, eles normalmente possuem várias soluções possíveis, com cada solução oferecendo vantagens e desvantagens em diferentes contextos de aplicação. No processo de solução desses problemas, o aluno deve identificar o espaço do problema e suas restrições, reconhecer as perspectivas divergentes, coletar evidências para apoiar ou rejeitar as propostas alternativas e finalmente sintetizar sua própria compreensão da situação na forma de uma solução, em vez de simplesmente buscar uma solução para um problema prescrito.

Como os modelos de solução de problemas são importantes na aprendizagem das ciências em geral, eles serão de grande importância tanto na vida acadêmica quanto na vida profissional futura dos alunos. Por exemplo, segundo Hollingworth and McLoughlin (2001), o que é mais importante na aprendizagem das ciências é a capacidade de se analisar e classificar dados, reunir evidências sobre as soluções, solucionar problemas e aplicar e testar teorias.

## **3 MODELO PEDAGÓGICO DEFINIDO**

Com base na fundamentação teórica apresentada na seção anterior, chegou-se a um modelo pedagógico que contempla aspectos dessas teorias. Dessa forma, o modelo obtido incorpora aspectos da abordagem construtivista, da aprendizagem baseada em problemas e de modelos de problemas. A Figura 1 apresenta uma visão geral do modelo pedagógico.

A figura mostra a evolução no tempo das atividades consideradas. A parte superior da figura indica que as atividades de aprendizagem nas unidades didáticas de uma disciplina seguem o modelo proposto por Merrill (2002). Com isso, a aprendizagem dos conteúdos de cada unidade acontece no contexto de um problema significativo, ou seja, os conteúdos são

aprendidos para se poder solucionar o problema. Esses problemas são do tipo bem estruturados.

Seguindo as etapas de atividades em cada unidade, na etapa de ativação, experiência prévia relevante ou modelos mentais apropriados para novo conhecimento são ativados. Um exemplo da ativação de modelo mental apropriado é o uso da analogia do computador com um operador humano realizando computações, no contexto do ensino de programação.

A idéia que está por trás da etapa de demonstração é que a aprendizagem é promovida quando se demonstra o que deve ser aprendido, em vez de meramente apresentar as informações a serem aprendidas.

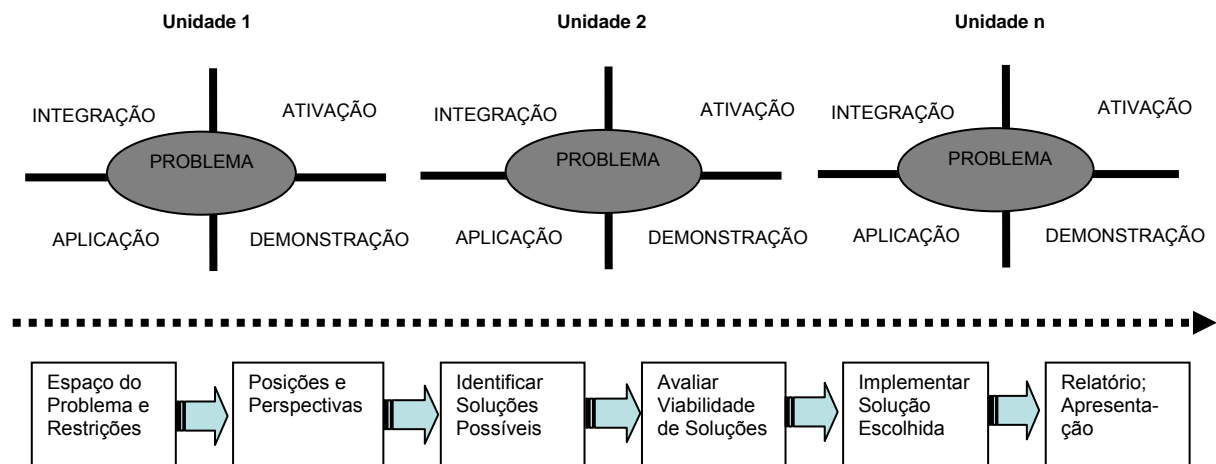


Figura 1 – Etapas do modelo pedagógico definido.

Como exemplo da etapa de demonstração considere-se o problema de encontrar os  $n$  primeiros números primos, utilizado como problema base para a apresentação da idéia de solução algorítmica de problemas em curso de introdução à computação. Para esse tipo de problema, mesmo que os alunos tenham uma base matemática muito sólida, apresentar diretamente um algoritmo ou fluxograma que encontre os  $n$  primeiros números primos pode causar confusões. Por outro lado, quando, antes de tudo, se apresenta uma representação conceitual do assunto em questão, os alunos conseguem visualizar melhor os aspectos envolvidos no domínio do problema e conseqüentemente podem compreender melhor a solução algorítmica. A Figura 2 apresenta um mapa conceitual (Novak, 1998) que descreve os principais conceitos e idéias relacionadas com o conceito de números primos.

Embora os mapas conceituais não descrevam procedimentos, os elementos mais importantes a serem utilizados nos algoritmos estão descritos. A partir da identificação desses elementos, a compreensão do algoritmo fica mais fácil. Adicionalmente, diferentes visões do mapa podem dar origem a diferentes algoritmos. Por exemplo, o mesmo mapa conceitual da Figura 2, juntamente com o algoritmo para se encontrar os  $n$  primeiro números primos, pode ser utilizado também para se compreender o algoritmo de se encontrar os fatores primos de um dado número inteiro.

Na etapa de aplicação, os alunos usam seus conhecimentos ou habilidades adquiridas para solucionar problemas. Diversos problemas, ou seja, programas, bem estruturados, englobando o emprego de diversos comandos e técnicas estudados, são propostos aos alunos. Em média, um problema a cada duas semanas é proposto.

A etapa de integração se fundamenta na idéia de que a aprendizagem é promovida quando os alunos podem refletir, discutir e defender seu conhecimento ou habilidade. A integração ocorre em duas dimensões distintas. A primeira dimensão refere-se à integração da temática

abordada numa determinada unidade. Nela, alguns alunos são chamados a apresentar a lógica da solução para determinados problemas com o apoio de fluxogramas ou algoritmos, ou demonstrar como o conteúdo aprendido foi empregado na implementação da solução. A segunda dimensão da integração ocorre no nível de problemas não estruturados que são trabalhados ao longo do semestre. Nessa integração, os alunos apresentam todas as etapas dos trabalhos elaborados durante o semestre.

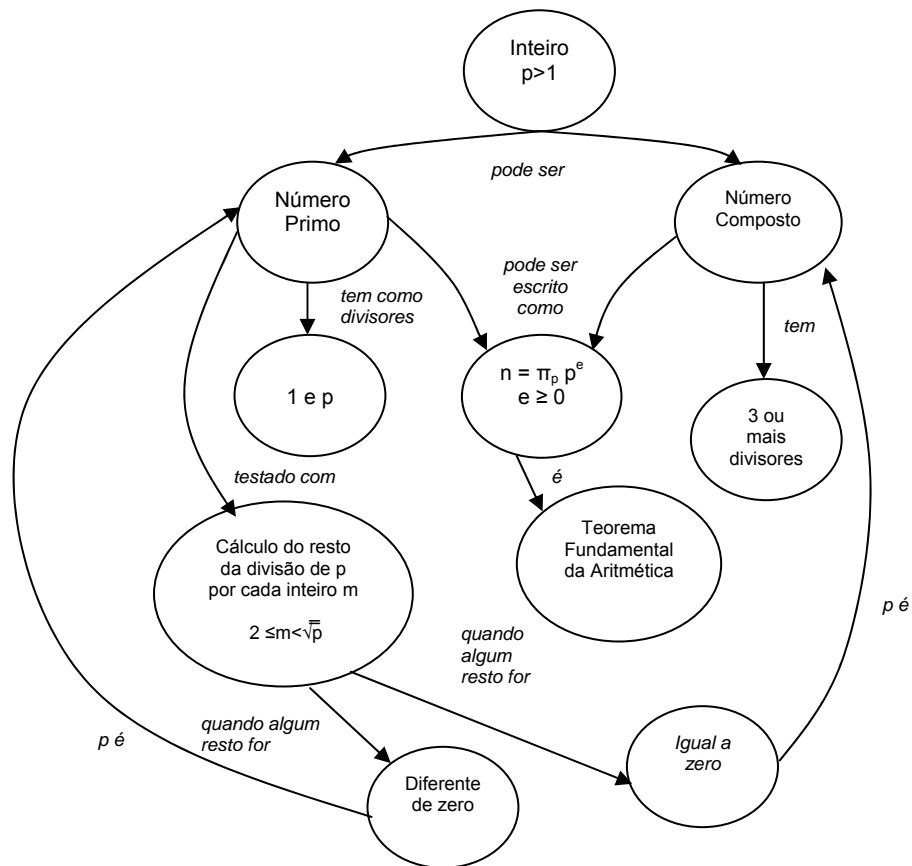


Figura 2 - Mapa conceitual sobre números primos.

Na solução de problemas bem estruturados, os alunos seguem basicamente os passos apresentados na Figura 3.

O principal objetivo do emprego de problemas bem estruturados é oferecer a possibilidade de aplicação dos conceitos aprendidos e o desenvolvimento da lógica de programação. No passo de representação do problema, os seguintes itens devem ser descritos:

- O que deve ser feito?
- Qual é a forma de uma solução aceitável?
- O que o enunciado do problema fornece?
- Quais as características e elementos importantes do problema?
- Mapa conceitual do domínio
- Diagramas, esquemas e gráficos representativos do problema.

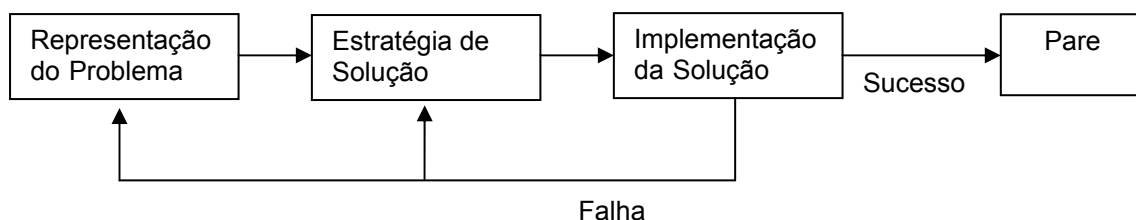


Figura 3 – Passos para a solução de problemas bem estruturados [Adaptado de Jonassen (1997)].

Deve-se notar que mapas conceituais são recomendados, sobretudo, para problemas mais complexos. Segundo Jonassen (2003), mapas conceituais ajudam os alunos a compreenderem a estrutura conceitual do domínio de um problema. Ou seja, quando os alunos constroem mapas conceituais, eles necessitam isolar os conceitos mais importantes no domínio do problema, estabelecer o relacionamento entre esses conceitos e a natureza semântica desse relacionamento. Jonassen defende ainda a idéia de que o desenvolvimento da habilidade de representar conceitualmente problemas melhora a capacidade geral de solução de problemas dos alunos.

Após uma compreensão mais clara das características do problema e de seu domínio, os alunos buscam uma estratégia de solução. Essas estratégias são representadas por meio de algoritmos ou fluxogramas. A escolha por usar uma ou outra representação fica a critério de cada aluno. O importante é que uma das formas seja usada. O grande benefício de ambas as formas é que os alunos têm certeza da forma de solução do problema antes da implementação na linguagem.

De posse de uma estratégia de solução, os alunos passam à implementação da solução na linguagem de programação recomendada e à realização de testes que demonstrem o funcionamento do programa gerado. Para manter registro de atividades, o processo de solução de cada problema é documentado em um relatório que deve ser entregue em prazo predeterminado.

Além das atividades de cada etapa do modelo pedagógico adotado, os alunos também desenvolvem a solução de um problema não estruturado ao longo do semestre de realização do curso. As etapas de solução de problemas não estruturados são apresentadas na parte inferior da Figura 1. Esse problema não estruturado, denominado projeto, é realizado em grupos pequenos de até três alunos.

A atividade de projeto tem como base princípios da abordagem construtivista e a aprendizagem baseada em problemas. Adicionalmente, o uso da técnica de solução de problemas não estruturados, que traz benefícios para o desenvolvimento da capacidade de solução de problemas em geral, busca explorar o potencial de uso prático da programação e do cálculo numérico em contextos reais, com vistas a sair do foco restrito de problemas puramente acadêmicos.

A realização do projeto é dividida em seis passos que correspondem a um subconjunto dos passos do processo de solução de problemas não estruturados recomendados por Jonassen (1997). Como mostra a Figura 1, esses passos são os seguintes:

- Espaço do problema e restrições – Descrição do contexto e domínio do problema, causas do problema e restrições, usando mapas conceituais.
- Posições e perspectivas – Identificação das visões alternativas ou perspectivas do problema. Para poder compreender a complexidade do problema, os alunos precisam perceber e reconciliar as diferentes interpretações do fenômeno envolvido.
- Identificar soluções possíveis – A identificação de soluções a partir da análise das possíveis causas do problema ajuda a focar o processo de geração de soluções nas soluções que reduzem os efeitos das causas. Como os problemas não estruturados possuem múltiplas representações, eles possuem também múltiplas soluções.
- Avaliar a viabilidade das soluções – Argumentação da escolha de uma solução particular e da rejeição das demais. A solução escolhida deve ser a mais viável e defensável com firmes argumentos.
- Implementar a solução escolhida – Nesse passo, em primeiro lugar, os alunos elaboram os algoritmos e fluxogramas correspondentes; em seguida, implementam o

algoritmo na linguagem de programação indicada e realizam os testes necessários para demonstrar o funcionamento do programa.

- Relatório – Para documentar todo o processo, os alunos elaboram um relatório das atividades realizadas. Adicionalmente, cada grupo apresenta seu trabalho na sala de aula.

A atividade de projeto oferece uma forma prática de operacionalizar os princípios da abordagem construtivista apresentados na Seção 2.1. Em particular, destacam-se três princípios. O primeiro princípio refere-se ao apoio proporcionado aos alunos para apropriação de problema. Dado que, com o apoio do professor, os alunos têm liberdade de definir o tema de seus projetos, os alunos trazem para o ambiente de aprendizagem problemas significativos e de seu interesse.

O segundo princípio da abordagem construtivista operacionalizado pela atividade de projeto é o emprego de ambientes de aprendizagem autênticos. Uma vez que as demandas cognitivas para a realização dos projetos são consistentes com as demandas cognitivas esperada nos cursos de engenharia para os quais os alunos estão sendo preparados, os projetos apresentam-se como atividades autênticas.

O terceiro princípio refere-se à possibilidade de os alunos testarem idéias de acordo com visões diferentes. Isso ocorre pelo fato de os projetos serem realizados em grupo. Com isso, os alunos têm a possibilidade de comparar a sua compreensão do problema com a de seus colegas do grupo ou de outras pessoas relacionadas com o problema, como professores de outras matérias, tais como física ou química. Dessa forma, eles podem incorporar questões e visões dessas pessoas às suas próprias.

#### **4 ALGUNS RESULTADOS DO EMPREGO DO MODELO**

O modelo pedagógico descrito vem sendo aplicado em disciplinas de introdução à computação e cálculo numéricos de cursos de engenharia. Embora ainda não tenha sido possível fazer uma aplicação completa do modelo em todas as unidades didáticas das disciplinas, dois tipos de resultados positivos com relação ao aproveitamento e participação dos alunos têm sido observados.

O primeiro resultado refere-se a uma postura de maior responsabilidade pelo estudo da temática de cada unidade. Como os conteúdos não são apresentados em detalhes, apenas os modelos mentais apropriados, analogias ou demonstrações do que se espera alcançar, os alunos têm que estudar os detalhes por conta própria e buscar sanar suas dúvidas com outros colegas ou com o professor. Adicionalmente, como eles são indicados a fazer apresentações sobre os conteúdos estudados, eles buscam um melhor aprimoramento dos seus estudos.

O segundo aspecto refere-se ao grau de envolvimento e dedicação nos projetos realizados ao longo do semestre. Apesar de os alunos reportarem a necessidade de dedicar bastante tempo para a realização dos projetos, eles também reconheceram os benefícios desse esforço. Em particular, um benefício importante foi a própria aprendizagem dos conteúdos dentro de um contexto mais concreto e prático. Além do estudo dos conteúdos das disciplinas em si, eles tiveram que dedicar tempo adicional para o estudo dos assuntos relacionados com os projetos. Como os temas dos projetos em geral eram de interesse dos alunos, pode-se dizer que esses estudos não foram feitos de má vontade.

Um exemplo de projeto realizado na disciplina de introdução à computação foi a elaboração de um programa de cálculo estrutural. A justificativa dos alunos para a escolha desse tema para o projeto foi que a análise de sistemas mecânicos se torna bastante complicada e pouco intuitiva, caso não se reduza o conjunto de forças e momentos a uma



única força e momento resultantes. Logicamente, que soluções computacionais gerais para esses problemas não são triviais para alunos de um curso introdutório de programação. Nem é isso que se espera deles. O que se espera é que eles pensem sobre o problema, identifiquem os elementos do domínio, identifiquem caminhos de solução e gerem uma implementação ainda que parcial para a solução proposta.

Nesse projeto sobre de cálculo estrutural, o fato de pensar em problema real despertou nos alunos o desejo de começar uma aplicação que pudesse no futuro ser executada em sistemas móveis, tais como um Palm Top, com o propósito de permitir ao engenheiro fazer esses cálculos sempre que necessário. Embora a idéia tenha ficado num programa inicial, a intenção de buscar fazer algo útil foi um fator promotor de motivação.

Outro aspecto que merece destaque na realização do projeto foi o fato de integrar computação com outra disciplina, nesse caso mecânica geral. É interessante notar que para realizar o projeto os alunos demonstraram domínio da lógica de programação, elementos da linguagem de programação empregada e do tema escolhido dentro de mecânica geral.

Um segundo exemplo de projeto realizado foi na de cálculo numérico foi a construção de um osciloscópio digital de baixo custo. Esse projeto contemplou a construção de um circuito conversor analógico digital de 8 bits, o sistema de processamento de sinais e a interface gráfica de apresentação. A Figura 4 apresenta a interface gráfica do osciloscópio.

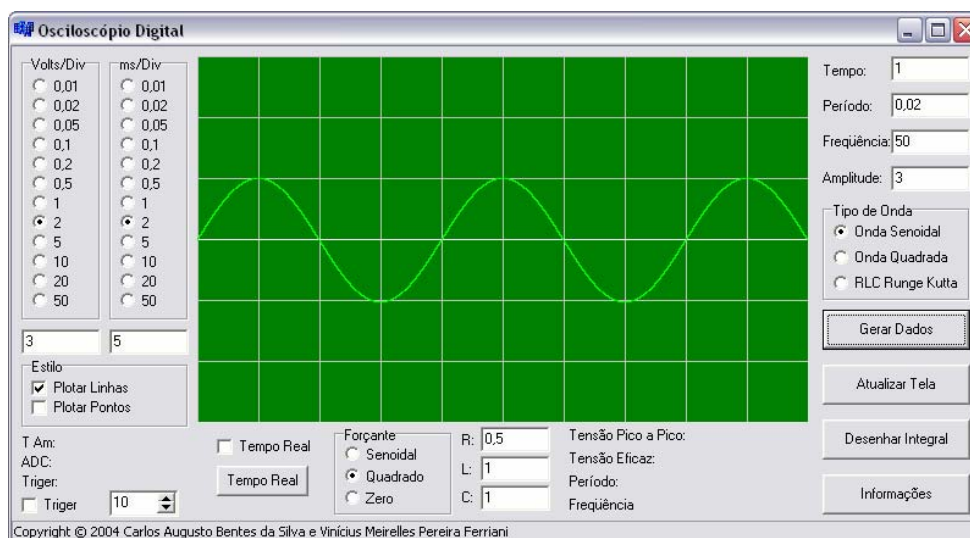


Figura 4 – Interface gráfica do osciloscópio digital.

Vale a pena ressaltar que, apesar das limitações relacionadas com o circuito conversor, o osciloscópio funciona e permite que se realizem as operações normais de um osciloscópio real. O trabalho teve um grande mérito não apenas pela implementação da interface, mas também pela aplicação primorosa das técnicas, métodos e conceitos aprendidos no curso.

Também na realização desse projeto, apesar de os alunos reportarem a necessidade de dedicar uma grande quantidade de horas de trabalho, eles reconheceram os benefícios desse esforço em termos de aprendizagem e crescimento pessoal em termos de aprendizagem do conteúdo do curso e do processo de realizar um projeto.

## 4 CONCLUSÕES

O modelo pedagógico que está sendo experimentado parece estar ajudando os alunos a assumir maior responsabilidade no processo ensino-aprendizagem. Talvez mais importante

que essa ajuda seja a própria conscientização em assumir tal responsabilidade. Adicionalmente, o modelo tem contribuído para a redução de algumas práticas observadas nos cursos de introdução à computação e de cálculo numérico, que têm se mostrado pouco eficientes, a saber:

- Excesso de aulas expositivas detalhando comandos de uma dada linguagem ou de métodos numéricos.
- Ênfase no ensino dos comandos da linguagem e não no processo de programação.
- Pouco emprego de técnicas de solução de problemas.
- Pouca ênfase no apoio ao processo de raciocínio e reflexão para a concepção de algoritmos.
- Foco restrito a problemas de contextos acadêmicos, sem explorar o potencial de uso prático da programação e de cálculo numérico em contextos reais.

O modelo, da forma com foi definido, parece ajudar a desenvolver a habilidade geral de solução de problemas, embora estudos adicionais sejam necessários para comprovar tal fato. De qualquer forma, pode-se notar um desenvolvimento da visão de planejamento de solução de problemas, que em muito se aproxima de atividades reais em contextos profissionais.

Pelo fato de recomendar a elaboração de projetos de interesse dos alunos, que na maioria dos casos estão relacionados com as disciplinas que estão sendo cursadas no momento da elaboração do projeto, o modelo promove uma visão mais integrada entre disciplinas, em particular das disciplinas de programação e cálculo numérico com as de física, química e matemática, além de outras de interesse dos alunos. Também não seria exagero dizer, apesar da necessidade de estudos que proporcionem resultados mais concretos, que o modelo pedagógico apresentado pode ser utilizado em outras disciplinas de cursos de engenharia.

Um trabalho futuro que está sendo considerado é o desenvolvimento de um ambiente de apoio à solução de problemas. Tal ambiente poderá proporcionar orientações para solução de problemas, apoio ao planejamento das atividades, à elaboração de estratégias e à reflexão, conforme sugere Hollingworth and McLoughlin (2001).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACM. Resources, Tools, and Techniques for Problem Based Learning in Computing – Report of the ITiCSE'98 Working Group on Problem Based Learning. Association for Computing Machinery, 1998.

AZALOV, P.; ZLATAROVA, F. Teaching Programming Through Successive Problem Transformations. **The Journal of Computing in Small Colleges**, v. 18, n. 4, 2003.

GANTENBEIN, R. E. Programming as a Process: A “Novel” Approach to Teaching Programming. **ACM SIGCSE Bulletin, Proceedings of the twentieth SIGCSE technical symposium on Computer science education**, v. 21, n. 1, 1989.

GRIES, D. What Should We Teach in a Programming Course? **ACM SIGCSE Bulletin , Proceedings of the fourth SIGCSE technical symposium on Computer science education**, v. 6, n. 1, 1974.

HOLLINGWORTH, R. W.; MCLOUGHLIN, C. Developing Science Student's Metacognitive Problem Solving Skills Online. **Australian Journal of Educational Technology**, n. 17, v. 1, 2001, p. 50-63.

JONASSEN, D. H. Instructional Design Models for Well-Structured and Ill-Structured Problem-Solving Learning Outcomes. **Educational Technology: Research & Development**, v.45, n.1, p. 65-95, 1997.

JONASSEN, D. H. Toward a Meta-Theory of Problem Solving. **Educational Technology: Research & Development**, v. 48, n. 4, p. 63-85, 2000.

JONASSEN, D. H. Using Cognitive Tools to Represent Problems. **Journal of Research in Technology in Education**, v. 35, n. 3, p. 362-381, 2003.

MERRILL, M. D. First Principles of Instruction. **Educational Technology Research & Development**, v.50, n.3, p. 43-59, 2002.

NOVAK, J. D. **Learning Creating and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations**. New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1998.

PROULX, V. K. Programming patterns and design patterns in the introductory computer science course. In: SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, 31, 2000. **Proceedings**: ACM Press, 2000.

SAVERY, J. R.; DUFFY, T. M. Problem Based Learning: An Instructional Model and its Constructivist Framework. **Educational Technology**, Sep./Oct., 1995.

SLEEMAN, D. The Challenges of Teaching Computer Programming. **Communications of the ACM**, v. 29, n. 9, p. 840-841, 1986.

SOLOWAY, E. Learning to Programm = Learning to Construct Mechanisms and Explanations. **Communications of the ACM**, v. 29, n. 9, p. 850-858, 1986.

## **A PEDAGOGICAL MODEL THAT INTEGRATES THE CONSTRUCTIVST APPROACH, PROBLEM-BASED LEARNING AND PROBLEM SOLVING MODELS**

***Abstract:** The expectation of acting as an engineer in the chosen subject-matter as well as the young need for doing useful things help to explain the necessity engineering students have for a more practical and concrete experience of the acquired knowledge in the course initial phase. As a consequence, if this need is not fulfilled, some negative behavior, such as low motivation, lose of interest and dissatisfaction, can be observed. These aspects highlight the importance of structuring the academic activities in a way that promotes practical application of knowledge, generates interest and high students' engagement in the learning activities. This paper presents a pedagogical model that is being experienced in disciplines of introduction to computing and numerical methods, which is grounded on principles of the constructivist approach and problem-based learning, and incorporates aspects of problem solving models. Informal assessments of the application of the model have indicated favorable acceptance by students. Additionally, the quality of projects carried out as part of disciplines' activities has been another indicator of the model's usefulness.*

*Key-words: Constructivist approach, problem-based learning, problem solving methods, programming teaching.*