



## RELATO DE UMA TESE SOBRE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA NO ENSINO DE ENGENHARIA

**Luciano Andreatta Carvalho da Costa** – luciano@cpgec.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEMACOM

Av. Osvaldo Aranha, 99, 3º andar – Centro

90035-190– Porto Alegre - RS

**Marco Aurélio Lisboa Silveira** – msilveira@cpgec.ufrgs.br

**Guillermo Juan Creus** – creus@vortex.ufrgs.br

**Sérgio Roberto Kieling Franco** – franco@edu.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, SEAD

Av. Paulo Gama, 110, Anexo I, Sala 303 – Centro

90040-060– Porto Alegre - RS

***Resumo:** Este artigo relata uma pesquisa interdisciplinar realizada junto ao programa de pós-graduação em engenharia civil da UFRGS, onde se propõe um sistema de avaliação da aprendizagem para a internet chamado GPA<sub>REDE</sub> (Gerador Parametrizado de Avaliações para a internet), que permite também o desenvolvimento de portfólios, a visualização dos resultados das provas, o retorno do professor e a reflexão dos estudantes. O referencial teórico baseia-se em princípios construtivistas: participação ativa dos estudantes, auto-avaliação, aprendendo a aprender e promoção de estratégias que levem em consideração o conhecimento prévio do aluno. Utilizam-se páginas web dinâmicas que acessam o banco de dados editado no Microsoft Access. Atualmente, o ambiente virtual de avaliação da aprendizagem está sendo testado com alunos de cursos de engenharia e arquitetura em um curso de extensão, principalmente no sentido de verificar a funcionalidade das ferramentas desenvolvidas. Além disso, estão sendo desenvolvidos aplicativos em Flash para a construção de conceitos em engenharia estrutural baseados na base teórica consolidada durante os primeiros dois anos da tese.*

***Palavras-chave:** Interdisciplinariedade, Ensino de estruturas, Ensino a distância, Avaliação da Aprendizagem*

## 1. INTRODUÇÃO

A importância do trabalho interdisciplinar tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, especialmente pela necessidade de se compreender os processos a partir de suas relações e das integrações entre as suas diferentes partes, ao invés de se analisar separadamente cada uma dessas partes. Capra (1997) utiliza o termo ecológico quando se refere à compreensão dinâmica de um processo, onde os movimentos e as relações são os principais elementos a serem compreendidos. O autor enfatiza que a compreensão segmentada é característica do paradigma newtoniano, que reduz o funcionamento da natureza a uma máquina, que pode ser analisada e compreendida a partir do isolamento de cada uma de suas partes. Neste sentido, propõe-se nesta tese uma visão ecológica sobre a avaliação da aprendizagem no ensino de estruturas em ambientes informatizados, onde a proposição de um ambiente virtual leve em consideração as diferenças individuais, os conhecimentos prévios e que seja sensível à mudanças realizadas ao longo do processo. Essas são algumas das premissas que norteiam a realização deste trabalho.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A base teórica deste projeto concentra-se numa abordagem epistemológica que recorra à gênese dos processos cognitivos, baseando-se na Epistemologia Genética proposta por Piaget. Segundo o autor, “a vantagem de um estudo do desenvolvimento dos conhecimentos que remonta às suas raízes ... consiste em fornecer uma resposta à questão mal resolvida da direção dos processos cognitivos iniciais”(PIAGET, 1990, p.7) Ou seja, se não houver esse recurso investigativo à gênese, não restará outra alternativa “senão indagar se toda informação cognitiva emana dos objetos, informando de fora o sujeito, conforme supunha o empirismo tradicional, ou se, pelo contrário, o sujeito está desde o início munido de estruturas endógenas que importará aos objetos, segundo as diversas variedades de apriorismo ou de inatismo.” (p.7). O alcance pedagógico da teoria piagetiana é significativo justamente devido ao seu conteúdo epistemológico (Gravina, 2001).

### 2.1 A importância da compreensão da gênese da aprendizagem

Para mostrar a importância de se considerar a gênese dos processos de aprendizagem, vamos utilizar um exemplo de engenharia estrutural. Sabemos que o peso, resultante da ação da gravidade, é um dos conceitos físicos mais importantes desta área de conhecimento. Vamos imaginar agora que não há mais atração gravitacional, o que torna necessário reconstruir conceitos previamente estabelecidos. O Equilíbrio terá que ser compreendido num contexto completamente diferente, fazendo com que construções ocorridas anteriormente percam o sentido. É claro que a forma de acesso do adulto é diferente, a começar porque ele já possui a linguagem, porém a investigação genética e a compreensão gradual da construção do conhecimento são fundamentais para subsidiar a prática docente. Voltando ao exemplo da compreensão da atração gravitacional, o professor precisa conhecer os diferentes estágios de construção desse conceito para poder interferir com mais propriedade no aprendizado do estudante. Precisa entender como os primeiros atos de inteligência ocorreram e quais foram os primeiros esquemas<sup>1</sup> que desencadearam na construção do referido conceito.

---

<sup>1</sup> Piaget chama de esquemas a forma como o indivíduo estrutura suas ações e suas representações ao entrar em contato com o meio. A partir dos esquemas é possível, interpretar e dar significado ao meio.

## 2.2 Epistemologia: aspectos históricos

Considera-se neste referencial uma abordagem epistemológica que analisa a progressão histórica do conhecimento científico. Franco (1997) propõe que se parta da gnosiologia (conhecimento do conhecimento) na direção das “construções sistemáticas deste conhecimento feitas pelo homem: as ciências” (p. 17). Acreditando ser a ciência a maior expressão do conhecimento construído sistematicamente pela humanidade em sua evolução (Franco, 1997), será pertinente a proposição de uma análise histórica da evolução dos conceitos em engenharia estrutural para que se possa entender como o estudante realiza essa construção.

A epistemologia pode ser vista a partir de dois prismas: como um processo de construção histórica do conhecimento e como uma (re)construção daquele conceito por parte do sujeito. Não é coincidência ocorrerem descobertas científicas semelhantes em locais distintos, cujos protagonistas das descobertas simplesmente não se conheciam. Kuhn (2001) refere-se à ciência normal<sup>2</sup> afirmando que “uma novidade científica significativa emerge simultaneamente em vários laboratórios”(p. 92), sendo uma consequência da atividade tradicional da ciência. O autor cita o exemplo da descoberta do oxigênio, ocorrida por volta de 1770, sugerindo que pelo menos três sábios tem o direito de reivindicá-la. Afirma também que muitos cientistas deste período podem ter produzido o oxigênio nos seus experimentos sem o saberem. O que ocorreu foi uma nova construção a partir de estruturas anteriormente construídas pela comunidade científica. Ambos partiram da mesma base e dos mesmos conceitos, fato que foi determinante na semelhança da descoberta. Este é o construtivismo e a criação de novidades, cuja noção fundamental é que a epistemologia jamais pode esquecer que o universo jamais está concluído. O que ocorre é uma permanente criação de novidades que recorre constantemente às origens dos processos cognitivos, justificando a denominação Epistemologia Genética (E. G.).

## 3. UM BREVE HISTÓRICO DA PESQUISA

No primeiro ano do doutorado aprofunda-se as questões epistemológicas e tecnológicas do projeto (COSTA et al., 2001), procurando-se entender efetivamente como se dá a construção do conhecimento e quais as influências de aspectos tecnológicos. Este estudo possibilitou a compreensão da construção do conhecimento no ensino de estruturas e a importância de se utilizar ambientes informatizados. Além disso se inicia o desenvolvimento de uma interface do banco de dados desenvolvido com a *Internet*, possibilitando que se acesse as avaliações em qualquer computador, graças à aprovação de um projeto junto à Pró-reitoria de Pesquisa da UFRGS (COSTA et al., 2001). No segundo ano passa-se a focar a confiabilidade do ambiente virtual desenvolvido bem como a preparação para o exame de qualificação. Em COSTA et al. (2002) é apresentada a experiência desenvolvida com alunos da disciplina de Mecânica Estrutural I, onde relatamos o bom desempenho do sistema e uma baixa participação dos alunos. Em abril deste ano foi defendido o projeto de qualificação, onde foi obtida a aprovação. A grande questão daqui para a frente será a forma de investigação junto aos alunos.

---

<sup>2</sup> O autor analisa a estrutura das revoluções científicas e classifica como ciência normal toda atividade científica fundamentada no paradigma vigente. Em estruturas, por exemplo, grande parte da pesquisa acadêmica realizada atualmente fundamenta-se no paradigma epistemológico do Método dos Elementos Finitos.

#### **4. POSSIBILIDADES DE INVESTIGAÇÃO**

Na defesa do projeto de qualificação surgiu um rico debate sobre como seria delimitada a investigação a partir da utilização do ambiente com alunos. Como a participação dos alunos foi abaixo da expectativa na experiência anterior e as respostas para esse fato não são facilmente encontradas, a próxima experiência precisa ser planejada com bastante detalhe, pois subsidiará a conclusão da tese. Abaixo se descreve as três possibilidades apontadas nas reflexões durante o exame de qualificação.

##### **4.1 Uma tese de cunho tecnológico**

Essa alternativa prescindiria da utilização do ambiente com alunos, e o enfoque seria dado ao desenvolvimento de ferramentas computacionais do ambiente que satisfariam ou não os pressupostos teóricos apontados. Grande parte das teses realizadas na engenharia é desse tipo, onde se compara resultados experimentais e teóricos com os resultados numéricos obtidos pela implementação realizada na tese. Certamente haveria relato de experiências bem como elementos teóricos na literatura que proporcionassem uma comparação com as possibilidades de aprendizagem propostas pelo ambiente. O enfoque passaria a ser o aspecto tecnológico, onde os recursos computacionais seriam os principais elementos a serem analisados.

##### **4.2 Pesquisa Quantitativa**

A idéia deste item seria uma investigação nos moldes da anterior, onde se analisaria o desempenho da turma e possivelmente se compararia com o desempenho de uma turma que não utilizou o ambiente. Segundo Moreira (1993), tal abordagem pode ser feita depois de uma análise qualitativa, que é descrita no item seguinte. Depois de realizar experiências com poucos alunos, se estaria apto para generalizar procedimento para grupos maiores de alunos.

##### **4.3 Pesquisa Qualitativa**

O enfoque seria a forma como o aluno estabelece a aprendizagem a partir da utilização do ambiente, bem como as relações que as ferramentas gráficas do sistema permitem estabelecer com os conceitos estruturantes<sup>3</sup> (Oliveira et al, 2001) do conteúdo que está sendo trabalhado. O método clínico proposto por Piaget seria um caminho natural para este tipo de pesquisa, tendo em vista grande parte do nosso referencial teórico baseia-se em Piaget (1990). Muitos são os aspectos a serem considerados, entre eles a consideração do conhecimento prévio do aluno, a necessidade de se possibilitar uma participação ativa do estudante e a importância de se considerar aspectos históricos, conforme descrevemos no referencial teórico. Neste contexto é fundamental observar o aluno antes e depois das experiências de aprendizagem. Piaget apud Moreira (1993) analisa diferentes tipos de respostas dos alunos, salientando que as desejadas são aquelas que provêm do raciocínio verificado ante uma solicitação (crença liberada) ou aqueles que surge “quando a criança dá uma resposta rápida que é produto de uma reflexão anterior e original”(p. 13). Cabe ao investigador tomar muito cuidado para não sugerir respostas, pois essa iniciativa pode comprometer o Método Clínico.

---

<sup>3</sup> Termo utilizado pelo autor para indicar aqueles conceitos a partir dos quais se estruturam conceitos posteriores. São os conceitos que permitem a reconstrução da grande parte da teoria pertinente a cada conteúdo.

## 5. PROJETO PILOTO

Atualmente estamos elaborando uma interface no ambiente para realizar uma investigação que permita verificar se o ambiente proposto atende às pressupostos teóricos apresentados. O ambiente será utilizado por alunos de graduação e pós-graduação dos cursos de engenharia e arquitetura a partir da realização de um curso de extensão. O conteúdo trabalhado será a construção de diagramas de solicitações em modelos estruturais, assunto pertinente a qualquer das engenharias e à arquitetura. A idéia é promover uma abordagem gráfica e intuitiva, tornando-se assim interessante também para os alunos que já cursaram as disciplinas que abordam este conteúdo. Abaixo descrevemos as atividades bem como a interface desenvolvida para Avaliação Formativa.

### 5.1 Atividades propostas

Corresponde a uma série de exercícios sobre a teoria já apresentada em sala de aula que o aluno realiza em uma determinada seqüência de forma que se possa acompanhar como o aluno constrói os conceitos sobre a teoria que lhe é ensinada. Estes exercícios são resolvidos através do GPAREDE da mesma forma como são resolvidas questões de provas (Figura 1).

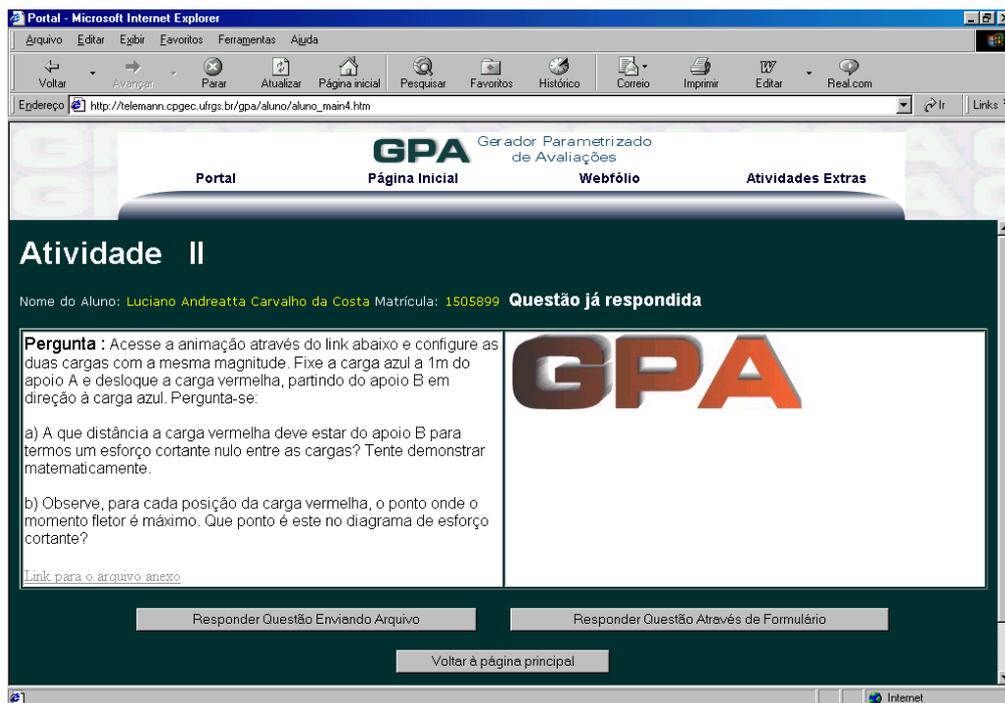
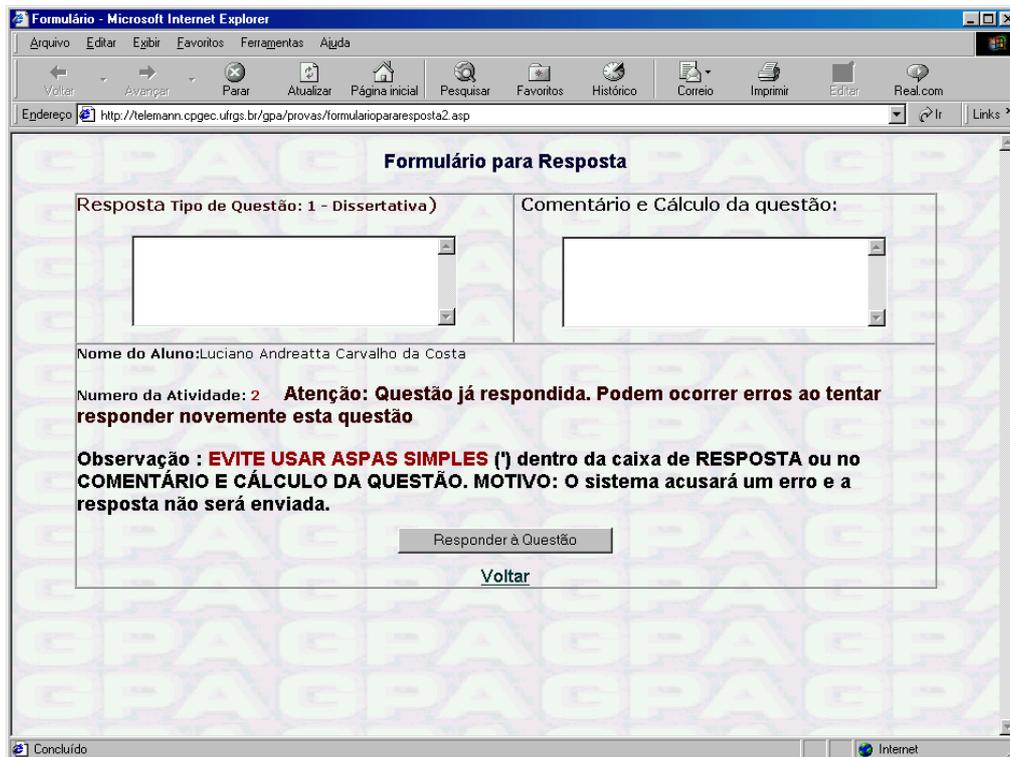


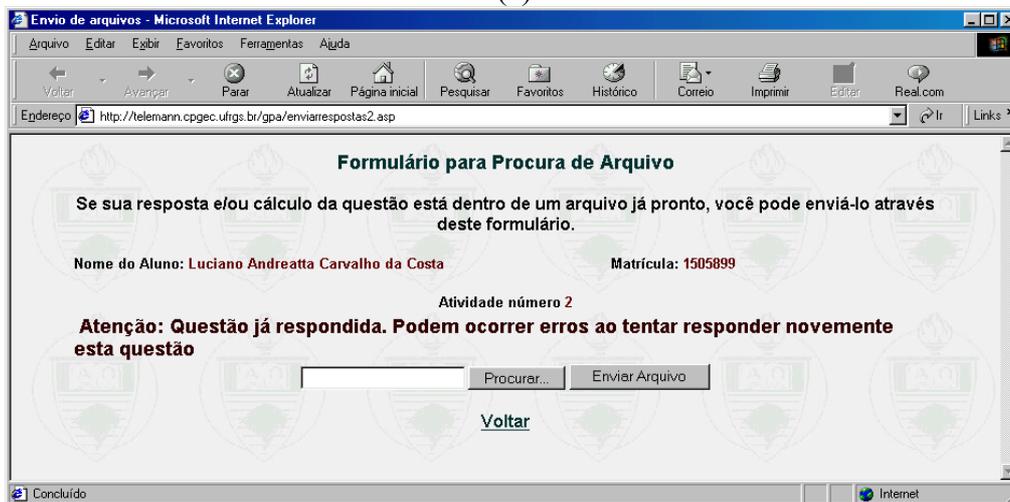
Figura 1: Página de uma das atividades propostas

O aluno pode responder os exercícios de duas formas: completando um formulário com a resposta escrita ou enviando um arquivo com a resposta (Figura 2). Outro aspecto importante é que essas atividades estão baseadas em animações feitas pelo Macromedia Flash, um software que permite desenvolver aplicativos animados que rodem diretamente na Internet. É possível desenvolver, por exemplo, um modelo de viga simplesmente apoiada que mude seus parâmetros a partir da intervenção direta do usuário no modelo. Este tipo de aplicativo pode contribuir para uma melhor compreensão dos aspectos teóricos. A correção destes exercícios é

feita pelo professor dentro do próprio GPA<sub>REDE</sub> e depois é mostrada ao aluno por meio da Avaliação Formativa.



(a)



(b)

Figura 2: Páginas para responder as atividades através (a) de um formulário (b) de um arquivo

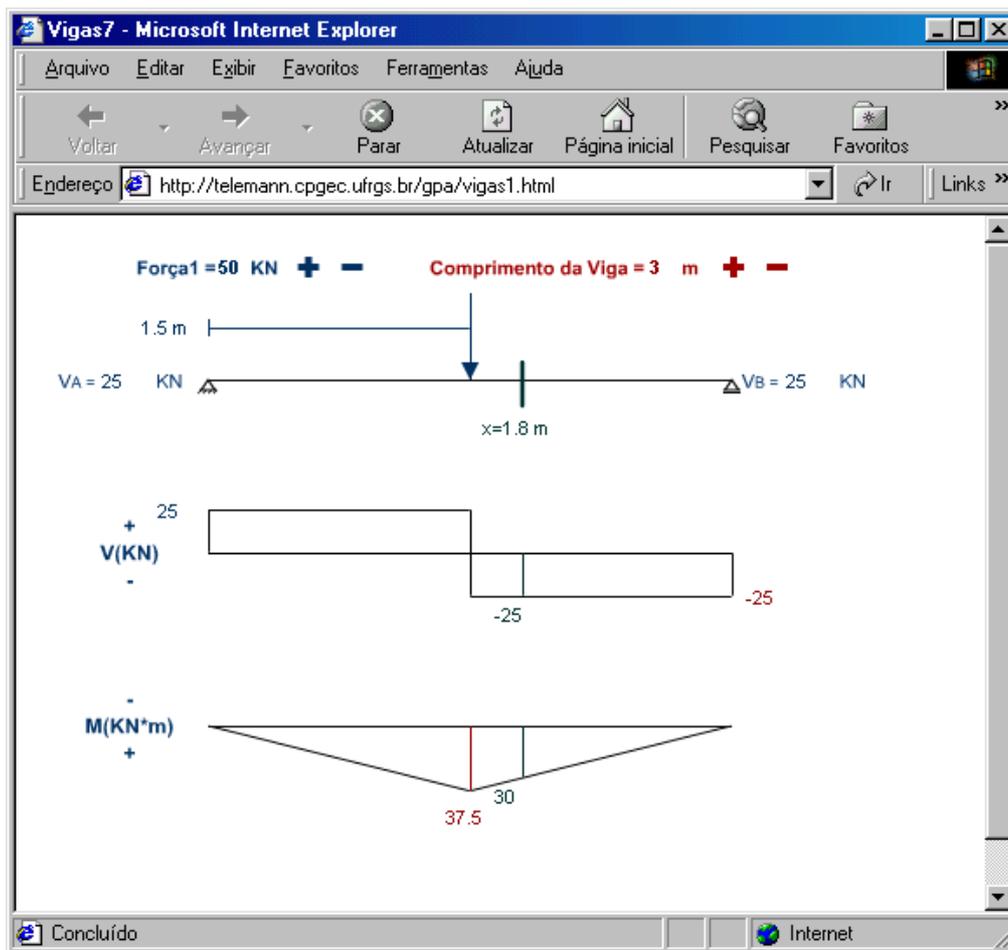


Figura 3: Uma das animações feitas no Flash, referente ao traçado de diagramas

## 5.2 Avaliação Formativa

Entendendo-se a Avaliação Formativa como uma avaliação integrada à aprendizagem e realizada ao longo de todo o processo, pretende-se obtê-la a partir de uma interface que possibilite ao aluno enviar com facilidade suas dúvidas, comentários e sugestões referentes ao processo de aprendizagem. A interface proposta também possibilita que todos os alunos possam contribuir nos comentários, sejam eles feitos pelos seus colegas ou pelos professores.

A estrutura da interface é baseada na criação de assuntos relacionados com a avaliação feita pelo sistema ou com a teoria que está sendo trabalhada. Estes assuntos são constituídos por uma série de comentários onde todos podem expressar suas opiniões sobre o tema em questão. Também existem as contribuições, que são respostas de algum aluno ou do professor relacionados a um comentário específico.

Isso significa que um usuário do GPA<sub>REDE</sub> (alunos e/ou professor) pode participar da Avaliação formativa das seguintes formas: criando um assunto, caso não exista um relacionado com tema que o usuário deseja discutir; criando um comentário sobre algum assunto já existente ou enviando contribuições, ou seja, respostas a algum comentário em especial (figura 4).

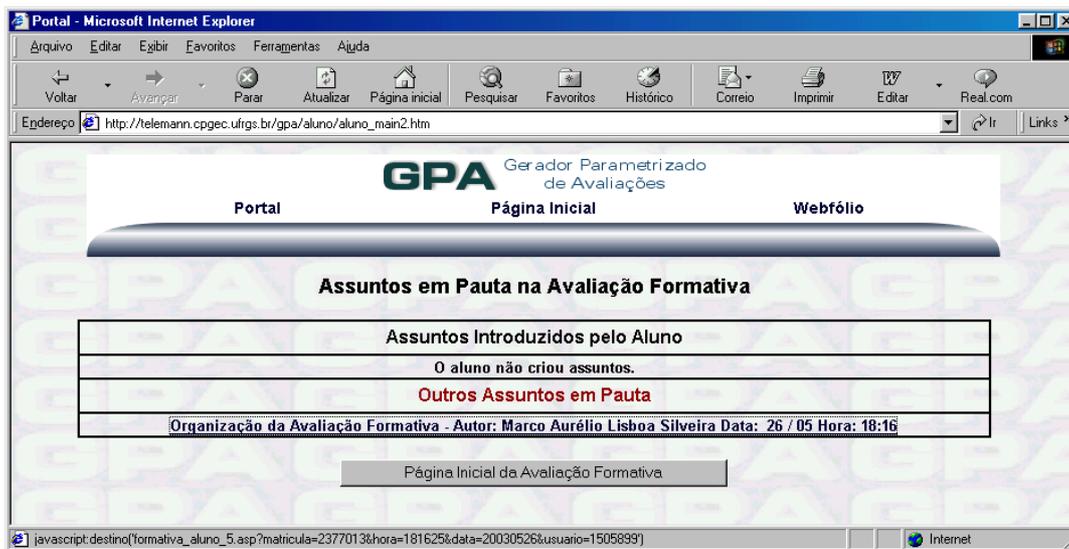


Figura 4: Página da Avaliação Formativa listando os assuntos e seus respectivos comentários

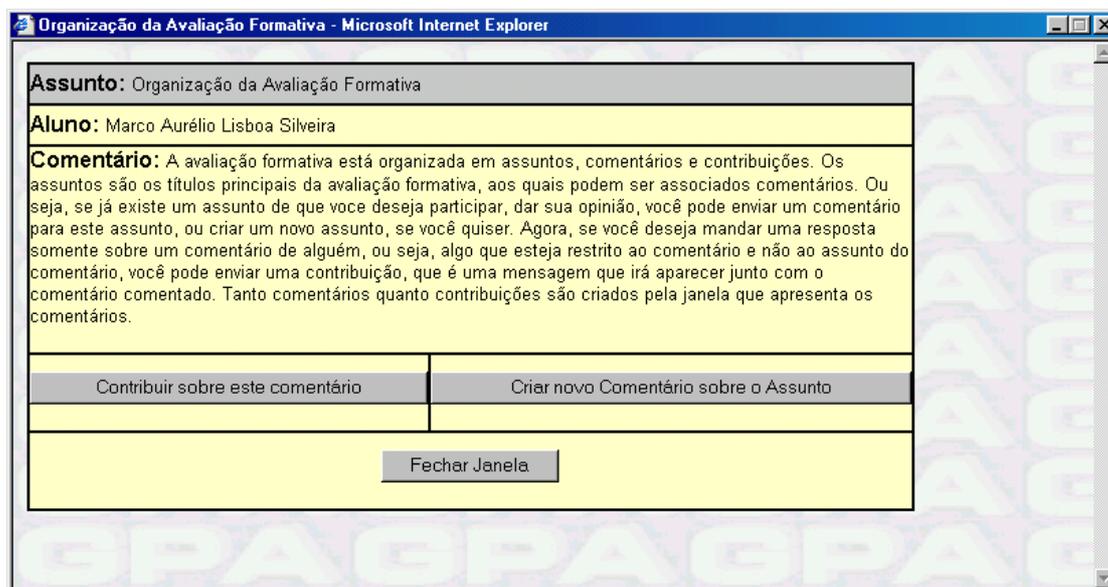


Figura 5: Um comentário que faz parte da Avaliação Formativa.

A página apresentada na figura 5 permite ao usuário criar outro comentário ou fazer uma contribuição sobre o comentário que é mostrado.

Nesta atividade em especial, a Avaliação formativa servirá como uma espécie de mediador entre aluno e professor de modo que ocorra a comunicação entre eles a cada atividade que é completada com o fim de se acompanhar passo a passo a aprendizagem do aluno.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grande desafio deste projeto de tese será a validação da proposta, sendo fundamental realizar um projeto piloto que aponte caminhos concretos para a investigação final. Pretende-se avaliar os resultados dessa experiência para decidir definitivamente qual será a melhor



forma de intervenção. Não se sabe ainda se a opção será um estudo qualitativo ou quantitativo, porém já há a decisão de não realizar uma pesquisa de cunho tecnológico, pois considera-se fundamental trabalhar com alunos para manter o brilho e o encanto deste projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPRA, F. **O ponto de mutação**. 20.ed. São Paulo: Cultrix, 1997.

COSTA, L. A. C. **Proposta de um sistema gerador de avaliações vislumbrando a educação a distância na engenharia**. 2000. Dissertação (mestrado em engenharia) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COSTA, L. A. C., CREUS, G. J., FRANCO, S. R. K. Uma Intervenção Epistemológica e Tecnológica no Ensino de Engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29, 2001, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre, ABENGE, 2001.

COSTA, L. A. C., CREUS, G. J., FRANCO, S. R. K. A Avaliação do Processo Ensino-Aprendizagem: uma proposta para a educação a distância na disciplina Mecânica Estrutural Básica – Edital Produção de Material Didático. Porto Alegre, PROPESQ, 2001.

COSTA, L. A. C., SILVEIRA, M. A. L, CREUS, G. J. Avaliação da Aprendizagem no Ensino de Estruturas via Intenet: uma Experiência Concreta In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 30, 2002, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Abenge, 2002.

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

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

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

MOREIRA, M. A. **Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem : a entrevista clínica e a validação de teses de papel e lapis**. Porto Alegre: Edipucrs, 1993.

OLIVEIRA. C. C.; COSTA, J. W.; MOREIRA, M. **Ambientes Informatizados de Aprendizagem**. Campinas: Papyrus, 2001.

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

## THESIS REPORT IN DISTANCE EDUCATION ON ENGINEERING COURSES

**Abstract:** *This paper reports a research developed in the graduate program in civil engineering, Faculty of Engineering, Federal University of Rio Grande do Sul. This research proposes a web evaluation system called GPAREDE (Assessment Parameter Generator for Web). GPAREDE also allows a development of students portfolios, which shows test results , teacher feedback and students reflections. The theoretical framework rests on constructivism principles: student active participation, self evaluation, learning to learn, to provide a path*



*into the subject based on the learners' previous knowledge. The work has been development using dynamic pages in a web site to access questions database edited in Microsoft Access.*

*In order to verify the functionality of the tools developed,  $GPA_{REDE}$  is being tested with students. Moreover, Flash applications are being developed for the construction of concepts in structural engineering based on the theoretical framework consolidated during the two first years of the thesis*

***Key-words:*** *Interdisciplinarity, Structural engineering education, Distance education, Learning assessment*