

Arquitetura de STI - *Overlay* do Especialista Integrado à Motivação

Lúbia Mara Lopes Rodrigues¹, Marco Aurélio Carvalho²

¹Departamento de Ciência da Computação – Universidade de Brasília (UnB)
71000-000 – Brasília – DF – Brasil
lubia@iesplan.br

²Departamento de Ciência da Computação – Universidade de Brasília (UnB)
71000-000 – Brasília – DF – Brasil
marco@cic.unb.br

Resumo. Considerando que as variações emocionais interferem na produção acadêmica de um estudante, os aspectos motivacionais emocionais são de grande importância para Sistemas Tutores Inteligentes (STIs). A modelagem de tais sistemas utilizando a Arquitetura do *Overlay* do Especialista, embora considere os aspectos pedagógicos, não trata as questões motivacionais. Este artigo propõe uma modelagem motivacional, especificando as variáveis a serem captadas nas estruturas cognitivas e sugerindo inferências para diagnosticar o comportamento e o temperamento do estudante, considerando aspectos comportamentais transitórios e permanentes. Além disso, trabalha na incorporação dos aspectos motivacionais na Arquitetura do *Overlay* do Especialista, tornando-a pronta para atender ao estudante individualmente, tanto nos aspectos pedagógicos quanto nos motivacionais.

Palavras Chaves: Sistemas Tutores Inteligentes, STI, ITS, Arquitetura de STI, Motivação, Arquitetura Motivacional.

1. Introdução

A consciência de que o homem é um ser integral e que os softwares educacionais devem atender a sua integralidade e individualidade reforça a característica interdisciplinar nos estudos de Sistemas Tutores Inteligentes – STI, levando-os a assumir grande dimensão e complexidade.

A construção de um STI envolve uma série de decisões que abrangem vários ramos do conhecimento. A Ciência da Computação, mais especificamente a Inteligência Artificial, vem colaborar com estudos que englobam desde a representação do conhecimento, passando por modelagem de agentes, até as suas heurísticas. A Pedagogia muito colabora com as teorias de ensino-aprendizagem. A Psicologia provê o arcabouço teórico sobre motivação, emoção e

cognição¹, o que completa o tripé de sustentação para os *softwares* voltados à educação, e principalmente os STIs. Além dessas, contamos também com contribuições de outros ramos do conhecimento tais como, Filosofia, Artes, Medicina, História, Sociologia dentre outros.

A arquitetura dos STIs encontra-se dentre os aspectos que devem ser considerados. Ela provê a “estrutura óssea” para sustentar todo o restante e, portanto deve observar a característica multidisciplinar da temática. Segundo Hugh L. Burns e Charles G. Capps [Burns 1988], um *software* é considerado um Sistema Tutor Inteligente quando

¹ Psicologia cognitiva que é uma disciplina que tenta compreender o comportamento humano e seus processos mentais, tendo por objetivo a caracterização dos processos (percepção, atenção, memória, aprendizado, resolução de problemas) em termos de suas capacidades e limitações.

possui três características. A primeira delas é estar relacionado com um domínio do conhecimento, do qual o tutor deve “conhecer” o suficiente para se igualar a um especialista, com condições de inferir ou resolver problemas. Em segundo lugar, o *software* deve ser capaz de “deduzir” os níveis de conhecimento do aprendiz. A terceira e última característica é a estratégia de ensino, que deve ser projetada para minimizar a diferença entre o estudante e o especialista, que nessa abordagem é um agente que possui o completo domínio do conhecimento em questão. Essas características dão um aspecto tridimensional aos STIs e devem estar acompanhadas das preocupações pedagógicas, motivacionais e emocionais, para que o tutor tenha êxito na promoção de um ambiente propício à aprendizagem.

Os aspectos motivacionais e emocionais, apesar da sua grande importância, só recentemente têm sido objeto de pesquisas em STIs. Segundo Goleman [Goleman 1995], as interferências emocionais na vida mental de um estudante, não são novidades para os professores. Estudantes ansiosos, zangados ou deprimidos não aprendem; pessoas nesses estados não absorvem eficientemente a informação. “Portanto é uma ilusão pensar que ambientes de aprendizagem que não consideram fatores motivacionais e emocionais sejam adequados.” [Goleman 1995]

O objetivo da investigação da motivação e emoção em STIs não é capacitar o tutor com simulações de emoções, e sim promover um ambiente de aprendizado personalizado, com aspectos cognitivos e motivacionais, atendendo aos estudantes como seres integrais e únicos, associando razão e emoção. Segundo Giraffa [Giraffa 1999] para um atendimento individualizado é necessário mais que percentagens, ou comparações com modelos pré-definidos, o tutor deve ter informações sobre o aluno que se modifiquem com o tempo.

Neste artigo, estendemos a arquitetura de STI, proposta por Carvalho [Carvalho 1999, Carvalho 2000], que atende aos aspectos pedagógicos. Segundo Goulart e Giraffa [Goulart 2001] a sistematização do conhecimento pedagógico do tutor é a tarefa mais complexa da arquitetura, no que concerne à modelagem e implementação. Porém os aspectos motivacionais e emocionais não foram modelados naquela arquitetura, e conseqüentemente não suportam questões relacionadas a tal contexto, não promovendo um atendimento individualizado nos aspectos motivacionais.

2. Arquitetura de STIs

Há diversas propostas de modelagem de arquiteturas para STIs. Segundo Carbonel [Carbonel 1970], deve-se considerar três módulos fundamentais da arquitetura, tornando-a tri-partida, de forma integrada e com tarefas concomitantes. A arquitetura deve considerar as características do domínio do conhecimento, o comportamento observável e mensurável do estudante e o conjunto de estratégias de ensino a serem adotadas pelo tutor. Carvalho utilizou o modelo do estudante baseado no modelo do especialista (*Overlay do Especialista*) propondo a arquitetura mostrada na figura 1, que será ampliada neste trabalho, pois atende a característica tri-partida, já observados os aspectos pedagógicos².

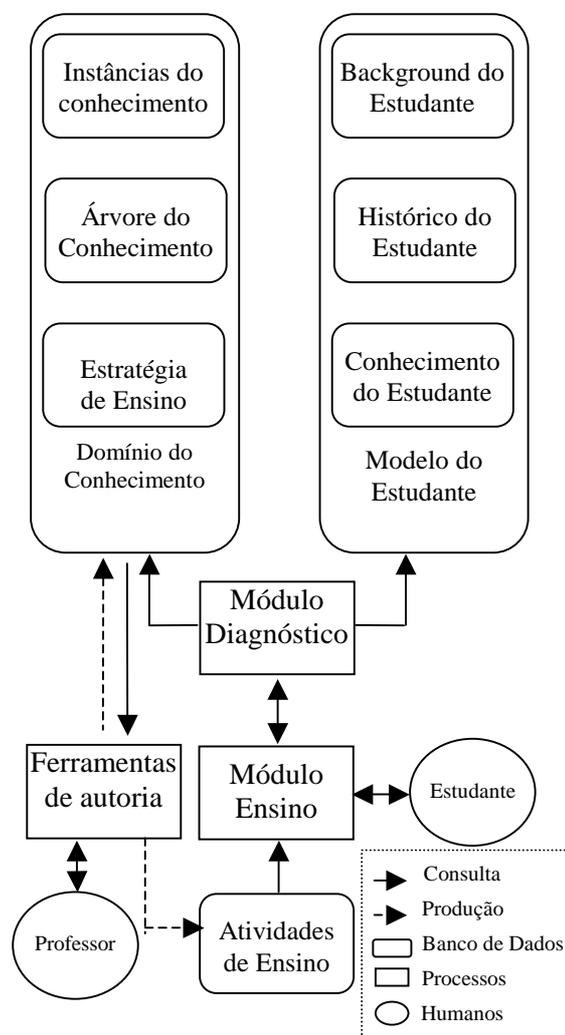


Figura 1 – Overlay do Especialista [Carvalho 2000]

² No entanto, Carvalho não considera os aspectos motivacionais, que iremos propor na última parte deste trabalho.

Naquela arquitetura as informações sobre o estudante são elaboradas e consolidadas pelo *Módulo Diagnóstico* depois de consultar os arquivos de *Background do Estudante*, o *Histórico do Estudante* e o *Conhecimento do Estudante* contidos no banco de dados do *Modelo do Estudante*. Ele também consulta os arquivos da *Árvore do Conhecimento*³, da *Estratégia de Ensino* e das *Instâncias do Conhecimento* contidos no banco de dados do *Domínio do Conhecimento*, fazendo a prescrição das atividades de ensino adequadas a cada estudante em cada momento da aprendizagem. O *Módulo de Ensino* recebe indicações do *Módulo Diagnóstico* entra em interação com o *Estudante*, mostrando as *Atividades de Ensino*. O *Professor* usa as *Ferramentas de Autoria* para gerar os arquivos de *Atividades de Ensino* e a *Estratégia de Ensino*.

3. Motivação em Sistemas de Tutores Inteligentes

Vários são os fatores envolvidos numa interação de ensino-aprendizagem, mas verifica-se que a percepção dos fatos, o raciocínio e a tomada de decisões são influenciados pela atuação dita não-racional ou afetiva do professor e das condições globais do estado mental do estudante [Bercht 1999]. Transpondo essa atuação não-racional do professor para os STIs, percebe-se a necessidade do estudo da motivação e emoções para aplicação neste contexto, principalmente ao se investigar como se dão os processos de adaptação de um professor, neste caso representado pelo tutor, às necessidades dos estudantes.

A motivação em STIs, requer em primeiro lugar um canal de comunicação entre o tutor e o estudante, possibilitando que o tutor “perceba” os estados emocionais e motivacionais do estudante. A escolha do canal de comunicação a ser usado, nos leva às seguintes reflexões. Em muitos casos, a habilidade de perceber as emoções de outras pessoas é consequência da empatia, o que depende da capacidade perceptiva do observador. De Vicent [Vicente 1998] cita os testes feitos por Robert Rosenthal em seus estudantes que demonstram que as emoções podem ser percebidas principalmente utilizando linguagens não verbais; cita também Lepper et al. [Vicente 1998] que aponta que em sessões de tutoria, o diagnóstico afetivo depende muito mais das

³ A *árvore do conhecimento* é uma estrutura hierárquica usada para descrever o domínio do conhecimento.

avaliações cognitivas e inferências do que de expressões faciais, linguagem corporal, entonação e outras sugestões para-lingüísticas. Um STI poderia também “experimentar” esse tipo de empatia, apesar da observação de seres humanos nos demonstrar a sua real dificuldade. Portanto, o canal de comunicação a ser usado para perceber reações emocionais do estudante seria aberto pelo tutor e essas informações devem ser armazenadas em base de dados, possibilitando o tutor trabalhar com inferências. O foco deste trabalho é definir quais informações são importantes, como inferir com estas informações, o que inferir e incorporar esta estrutura na arquitetura do Overlay do Especialista.

O esquema cognitivo dos STIs tem a função de tratar das condições do estudante em relação ao domínio: seus acertos e erros, sua performance, os tópicos dominados, aqueles a desenvolver, os passos usados, as solicitações de ajuda, etc., formando um histórico de desenvolvimento da aprendizagem do estudante ao longo do tempo. Desse histórico pode-se retirar as informações básicas da avaliação cognitiva, aqui denominadas Variáveis Primitivas.

As Variáveis Primitivas representam uma série de atitudes executadas em um instante de tempo, em uma interação⁴ do tutor com o estudante. Estas serão analisadas como base para inferências de fatores afetivos que determinam certos comportamentos. Por exemplo, a falta de persistência de um estudante na execução de tarefas propostas pode ser definida em termos da frequência com a qual o estudante solicita ajuda. Segundo Keller Apud [Soldato 1995], o esforço do estudante, com base no desempenho é uma indicação razoavelmente fidedigna de motivação intrínseca. O comportamento de um estudante que solicita ajuda sem tentar desenvolver uma tarefa pode demonstrar falta de confiança. Os fatores que se pretende identificar através dos comportamentos na interação do estudante são esforço, a confiança e a independência que influem diretamente na motivação e estão

⁴ Entende-se por interação, neste contexto, o tempo do início ao fim de uma atividade de ensino. Neste período de tempo várias ações podem ser captadas pelos canais de comunicação. Por exemplo, uma solicitação de ajuda ou um clique em um ponto da tela que não focado no momento, assim como as respostas às questões do domínio do conhecimento. A cada nova atividade de ensino é aberta uma nova interação. A cada interação as variáveis primitivas são atualizadas.

baseados nos estudos de [Bercht 1999],[Serres 1993],[Soldato 1995],[Vicente 1998].

O *comportamento do estudante* é definido inicialmente através de seu estado momentâneo. Com a repetição do comportamento ao longo do tempo é deduzido o seu *temperamento*. Temperamento, segundo Goleman, pode ser definido em termos de estados de espírito que tipificam nossa vida emocional, sendo considerado um conjunto de características inatas ao indivíduo. Por exemplo, um estudante que tem um comportamento caracterizado por baixo esforço e confiança pode demonstrar um temperamento tímido. Jerome Kagan, afirma que existem pelo menos quatro tipos de temperamento – tímido, ousado, otimista e melancólico – e que cada um se deve a um diferente padrão de atividade cerebral [Goleman 1995]. Goleman, através da observação de crianças definiu, comportamentos que demonstram estes temperamentos. Tal conhecimento será transposto para área de STI, a fim de definir o temperamento do estudante, proporcionando assim informações necessárias para definir um ambiente mais individualizado de aprendizagem.

Temperamento não é *destino* [Goleman 1995]. Posto de outra forma, será que nossa biologia determina nosso destino, ou pode uma criança tímida tornar-se um adulto mais confiante? A questão é, se esse determinado conjunto emocional pode ser mudado pela experiência ao longo do tempo, quando o tutor irá através do comportamento do estudante mudar o seu temperamento? Para responder estas questões foi montada uma estrutura de inferências gradativas entre o comportamento atual e o temperamento, assim como uma definição do que mudar na tutoria

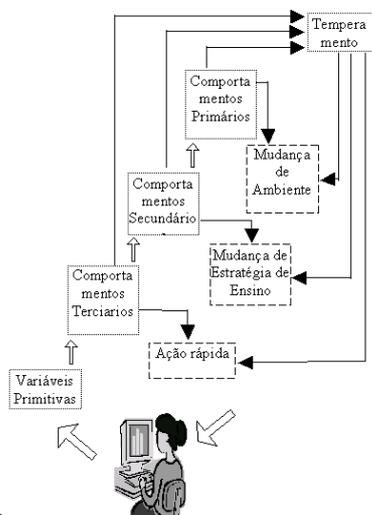


Figura 2 – Estrutura Motivacional

A Estrutura Motivacional demonstrada na figura 2 é composta de uma série de informações que são captadas através dos canais de comunicação e outras que são inferidas, representadas pelos retângulos pontilhados. Tais informações formam a base de decisão do tutor.

As *Variáveis Primitivas* são captadas pelo esquema cognitivo, através destas são inferidos padrões comportamentais – esforço, confiança e independência. As *Variáveis Primitivas* podem demonstrar ao longo do tempo uma tendência comportamental. Para formular esta cronologia criou-se uma estrutura comportamental que age graduando os comportamentos, como demonstra a figura 2. Desta forma os *Comportamentos Terciários*, primeira graduação nesta cadeia, afetam os *Comportamentos Secundários*, que por sua vez, afetam os *Comportamentos Primários*. Os *Comportamentos Terciários, Secundários e Primários* são compostos pelos mesmos padrões, se diferenciando na cronologia, demonstrando assim a persistência ou não de determinando comportamento. Estes determinam um temperamento – tímido, ousado, otimista e melancólico. Os *Comportamentos Secundários* agem como um balanceador, impedindo mudanças drásticas no *Temperamento*.

Os *Comportamentos Terciários* disponibilizam informações para o *software* tomar uma ação rápida de intervenção. Por exemplo, a entrada de um agente motivacional, a sugestão de outra atividade de ensino e outras ações que auxiliem o estudante a tempo. Os *Comportamentos Secundários* definem a necessidade da mudança de estratégia de ensino, pois ações pontuais já foram executadas e o tutor necessita de aprofundar na individualização da motivação no processo de ensino-aprendizagem. Os *Estados Primários* demandam uma mudança de ambiente do tutor. Por exemplo, um agente de ajuda pode ser ativado, agindo como companheiro, para uma criança que demonstre baixa confiança ao longo do tempo. Os *Comportamentos Primários, Secundários e Terciários* vão determinar o que o tutor tem que mudar para manter o estudante motivado. O *Temperamento*, por sua vez, define como o tutor deve promover esta mudança. A título de exemplo, um tutor poderia preferir trabalhar com atividades de ensino que não demonstre desafios, caso a criança possua o temperamento tímido.

4. Integração da Motivação na Arquitetura do Especialista

Para a incorporação dos fatores motivacionais, de acordo com a modelagem de Carvalho, propõe-se a arquitetura *Overlay* do Especialista Integrado à Motivação mostrada na figura 3.

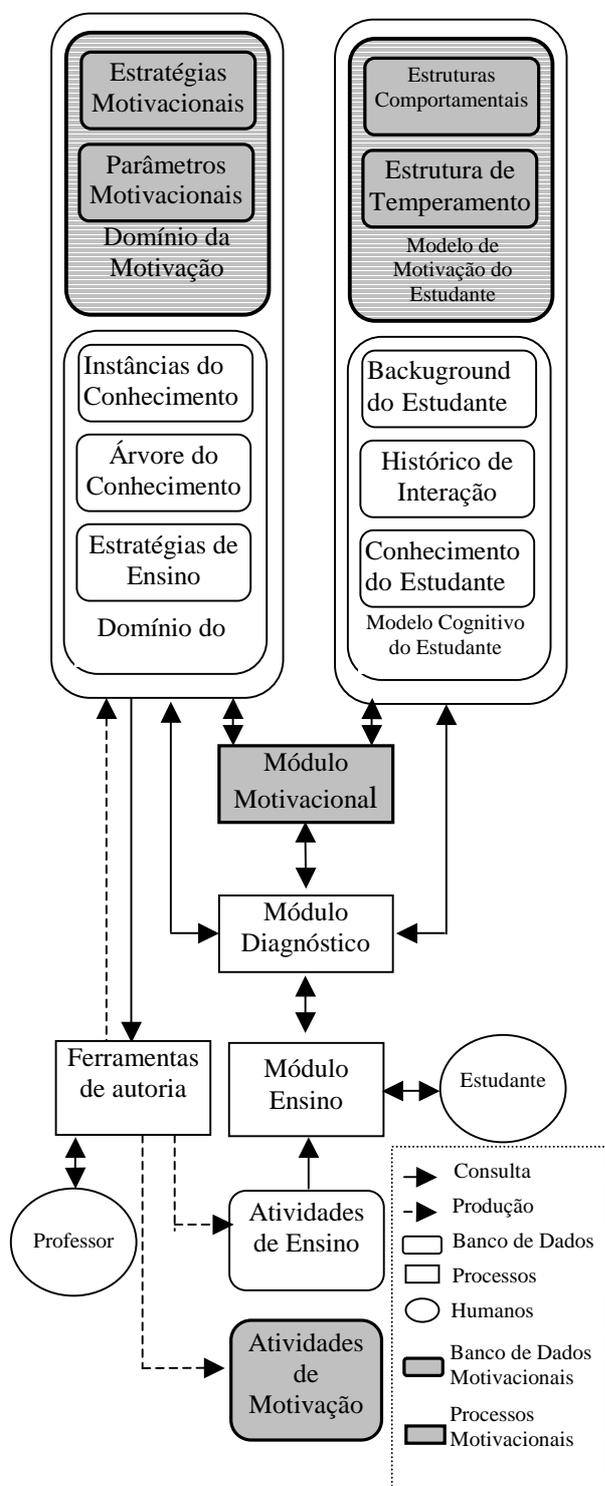


Figura 3 – Overlay do Especialista Integrado à Motivação

Nessa arquitetura as informações sobre o estudante continuam sendo elaboradas e consolidadas pelo *Módulo Diagnóstico*, incluídas nisso, as *Variáveis Primárias* que serão armazenadas no *Histórico de Interação*. As informações sobre a motivação do estudante são elaboradas e consolidadas pelo *Módulo Motivacional* depois de consultar os arquivos de *Histórico de Interação*, as *Estruturas Comportamentais* e a *Estrutura de Temperamento* contidos no banco de dados do *Modelo de Motivação do Estudante*. Ele também consulta os arquivos de *Parâmetros Motivacionais* e *Estratégias Motivacionais* contidos no banco de dados do *Domínio da Motivação*, fazendo as prescrições de motivacionais para um determinado estudante. O *Módulo Motivacional* seleciona um tipo de atividade motivacional e troca informações com o *Módulo Diagnóstico*, que por sua vez, conversa com o *Módulo de Ensino*, que interage com o estudante. O *Módulo Motivacional*, seleciona, também, dependendo da necessidade do estudante, uma estratégia de ensino diferente e ou define mudanças no ambiente do tutor. A forma como estas mudanças serão efetuadas irá depender das informações contidas nos arquivos *Parâmetros Motivacionais* e *Estrutura de Temperamento*. O Professor usa as Ferramentas de Autoria para gerar os arquivos de *Atividades de Motivação*, *Parâmetros Motivacionais* e *Estratégias Motivacionais*, além das *Atividades de Ensino* e das *Estratégias de Ensino*.

A cada Interação as *Variáveis Primitivas* são captadas e consolidadas, servindo com base de informação para geração das *Estruturas Comportamentais* e a *Estrutura de Temperamento*, de acordo com o exposto anteriormente.

O *Módulo Motivacional* age de forma assíncrona, supervisionando o ambiente e atualizando primeiramente as *Estruturas Comportamentais Terciárias*, posteriormente as, *Secundárias* e *Primárias*, quando ao diagnóstico de esforço, confiança e independência do estudante.

5. Conclusão

A arquitetura do *Overlay* do Especialista Integrada à Motivação é uma proposta que se aproxima da integralidade do homem, pois combina fatores pedagógicos e motivacionais em um mesmo modelo.

As *Variáveis Primitivas*, captadas através dos canais de comunicações com o estudante, permitem a formação de uma cadeia gradual de

inferências de comportamento e temperamento, dando origem as *Estruturas Comportamentais e de Temperamento* para cada estudante, provendo as informações necessárias à individualização e personalização, através do modelo motivacional.

O domínio de conhecimento, assim como as estratégias, parâmetros e atividades motivacionais, formam a base “especialista” do sistema, que é capturada através das ferramentas de autoria em interação com o professor.

O *Modulo Motivacional* completa a proposta agindo de modo assíncrono, de acordo com a necessidade do estudante no momento, prescrevendo ações mais pontuais ou perenes, conforme a graduação das estruturas do *Domínio Motivacional*.

6. Trabalhos Futuros

Na continuidade deste trabalho serão investigadas formas coerentes de expressão para descrever o *Domínio da Motivação* e o *Modelo de Motivação do Estudante*. Tais formas de expressão serão incorporadas em uma ferramenta de autoria integrada ao sistema.

O modelo proposto será experimentalmente testado em um sistema tutorial inteligente para o ensino de princípios ecológicos para crianças em pre-escola e primeiro grau.

7. Referências

- [Bercht 1999] BERCHT, M. Integrando Fatores Emocionais e Motivacionais em Agentes Pedagógicos. <http://www.inf.pucrs.br/~giraffa/sbie99/artigos.html>.
- [Burns 1988] BURNS, Hugh L., CAPPS, Charles G. Foundations of Intelligent Tutoring Systems: An Introduction. In: *Foundations of INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS*. Martha C. Polson, J. Jeffrey Richardson. Lawrence Erlbaum Associates. Hillsdale, N.J. 1988.
- [Carbonell 1970] CARBONELL, J. R. AI in CAI: An Artificial Intelligence Approach to Computer Assisted Instruction. *IEEE Transactions on Man Machine Systems*, v.11, n.4, p.190–202, 1970.
- [Carvalho 1999] CARVALHO, M., PAIN, H., COX, R. An Architecture for a Literacy Teaching ITS. In Lajoie, S. and Vivet, M., editors, *Proceedings of 9th International Conference on Artificial Intelligence in Education*, pages 629-631, Le Mans, France. 1999
- [Carvalho 2000] CARVALHO, M., Generating Intelligent Tutoring Systems for Teaching Reading: Combining Phonological Awareness and Thematic Approaches. 2000
- [Giraffa 1999] GIRAFFA, L.M.M. Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 1999.
- [Goleman 1995] GOLEMAN, D. *Inteligência Emocional: A Teoria Revolucionária que Define o que é ser Inteligente*. Bockman, Rio de Janeiro. 1995.
- [Goulart 2001] GOULART, R. Rafael Villarreal. GIRAFFA, L. Maria Martins. *Arquitetura de Sistemas Tutores Inteligentes*. 2001.
- [Serres 1993] SERRES, M. *Filosofia Mestiça*. Ed. Nova Fronteira. Rio de Janeiro. 1993.
- [Soldato 1995] SOLDATO, T. BOULAY, B. Implementation of Motivational Tactics in Tutoring Systems. In: *Journal of Artificial Intelligence in Education* vol(6) n.4 1995 p.337-378.
- [Vicente 1998] VICENTE, A. PAIN, H. Motivation Diagnosis in Intelligent Tutoring Systems. In: *Proceedings 4th International Conference. ITS'98 San Antonio*. Springer-Verlag.pags.86-95.1998