

## Sistemas Computacionais de Tutoria Inteligente: Uma revisão sistemática da literatura

Raimundo Nonato Bezerra Neto, Rommel Wladimir de Lima

Programa de Pós-Graduação em Ciência Da Computação

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

Rua Almino Afonso, 478 - Centro - Mossoró/RN

{bezerraneto@uern.br, rommelwladimir@uern.br}

**Abstract.** *The Computer Systems Intelligent Tutoring represented a significant milestone in the use of computational resources to aid the learning of specific materials for the most varied audiences. Over the years, various models of architecture were created in one of STI's development of joint effort, together with further research into the area of artificial intelligence. The present work shows the operation of the most used models of STI 's and seeks to present a systematic review of literature on the work published in intelligent tutoring area in the last five years ( 2010-2015 ) in the Brazilian Symposium on Educational Informatics.*

**Resumo.** *Os Sistemas Computacionais de Tutoria Inteligente representaram um marco significativo no uso de recursos computacionais para o auxílio da aprendizagem de matérias específicas para os mais variados públicos. Com o passar dos anos, vários modelos de arquitetura foram criados em um esforço conjunto de evolução dos STI's, juntamente com novas pesquisas dentro da área de inteligência artificial. O presente trabalho mostra o funcionamento dos modelos mais utilizados de STI's e busca apresentar uma revisão sistemática da literatura referente aos trabalhos publicados na área de tutoria inteligente nos últimos cinco anos (2010 a 2015) no Simpósio Brasileiro de Informática Educacional.*

### 1. Introdução

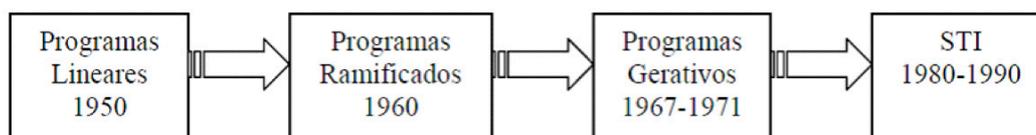
Nos últimos anos, vem ocorrendo uma evolução significativa nas pesquisas relacionadas com o uso das técnicas de Inteligência Artificial (IA), aplicadas na educação. Um exemplo desse forte crescimento são as pesquisas em Sistemas de Tutoria Inteligente (STI's).

Segundo Nwana (1990), assim como a IA tenta reproduzir no computador um comportamento considerado inteligente, como se fosse um humano. Os STI's tentam reproduzir um comportamento no computador que, se realizado por um ser humano, seria descrito como um bom ensinamento.

O objetivo desse trabalho é apresentar os conceitos relacionados com STI's e uma revisão sistemática realizada acerca do tema. Para isso, este trabalho está dividido em mais quatro seções. A próxima seção, trata da evolução dos sistemas instrucionais assistidos por computador. Na terceira seção, será abordado os conceitos relacionados com os STI's. A quarta seção traz a revisão sistemática. A quinta seção os resultados obtidos para as questões de pesquisa analisadas e por fim, a sexta seção apresenta as considerações finais.

## 2. Instrução Assistida por Computador (CAI)

Com a evolução dos sistemas computacionais de ensino, ilustrado na (Figura 1), observou-se que alguns conteúdos institucionais poderiam ser apresentados aos alunos utilizando recursos computacionais, com isso, durante a década de 60 várias aplicações de instrução programada foram desenvolvidas objetivando auxiliar os estudantes em tarefas antes realizadas de forma manual. A partir desse momento surge a Instrução Auxiliada por Computador (*Computer Aided Instruction* – CAI) ou Aprendizagem Auxiliada por Computador (*Computer Aided Learning* – CAL).



**Figura 1 – Evolução dos Sistemas de ensino utilizando o computador**

A evolução da Instrução Auxiliada por Computador (*Computer Aided Instruction* – CAI) foi definida pelas teorias psicológicas Behavioristas juntamente com as máquinas de ensino programado. Na década de 50 apareceram os primeiros sistemas de ensino assistidos por computador, os chamados programas lineares. Essas aplicações exibiam o conhecimento de forma linear, ou seja, a ordem da apresentação do conteúdo não poderia ser alterada, não levava em consideração nenhum fator externo para a modificação dessa ordem.

A Teoria Behaviorista propõe que as pessoas reagem por meio de estímulos e que à igual estímulo corresponde igual resposta. Por este motivo, não se devia permitir que os alunos cometessem erros, já que estes lhe dariam um reforço negativo. No desenvolvimento de uma sessão de ensino não se levava em consideração, para nenhum fim, o erro do aluno. Segundo SKINNER (1966) reagimos de determinada forma porque ações similares no nosso passado tiveram consequências particulares.

Neste modelo o CAI apenas exibia o conteúdo, não instigando o aprendizado evolutivo do aluno frente ao software. Sendo assim, o aluno seguia uma sequência finita e pré-determinada de passos sem com isso estimular o raciocínio frente a diferentes situações. A partir dos anos 60, passou-se a considerar que as respostas dos alunos poderiam ser usadas como feedback do sistema, passando a controlar o material de estudo e retornar para o aluno seus esquemas de resolução pessoal, surgindo assim os programas ramificados, adaptando o ensino às respostas dos alunos.

No início dos anos 70, surgiram os sistemas gerativos, também chamados de sistemas adaptativos. Esses sistemas eram embasados em nova filosofia educacional que defende que os alunos aprendem melhor resolvendo problemas com dificuldades adequadas, do que atendendo a explicações sistemáticas, isto é, moldar a aprendizagem às necessidades do aluno. Segundo DUTRA (2003), os sistemas gerativos são capazes de gerar um problema, de acordo com o nível de conhecimento do aluno, construir uma solução e diagnosticar a resposta do aluno. Em geral, a solução para um problema concreto não é única, no entanto, os sistemas gerativos criam só uma solução que era a base de seu diagnóstico.

Apesar destes sistemas terem evoluído em termos de recursos gráficos, os sistemas CAI ainda possuem a mesma síntese preestabelecida pelo professor e não são capazes de

se adaptarem para cada tipo e nível de aluno. Nenhum destes sistemas tem conhecimento, como o ser humano, do domínio que eles estão ensinando, nenhum pode responder questões sérias dos alunos como, o “porque” e o “como” as tarefas são realizadas [URRETAVIZCAYA 2001].

### **3. Sistemas Tutores Inteligentes (STI)**

Os Sistemas Tutores Inteligentes (STI), nascem com o intuito de sanar as falhas dos sistemas gerativos, passando a ser visto como CAI inteligente dos anos 80. Essa evolução foi facilitada pelo trabalho dos pesquisadores de Inteligência Artificial (IA), onde a preocupação maior era a necessidade de buscar premissas psicológicas, epistemológicas e pedagógicas para o desenvolvimento de um STI que pudesse representar o conhecimento dentro de um sistema inteligente. Nesta década, começaram a surgir pesquisas na área de IA através da criação dos ICAI (Instruções Assistidas por Computador Inteligentes). Os ICAI apresentam uma estrutura diferenciada para trabalhar com domínios educacionais, visto que utilizam técnicas de IA e Psicologia Cognitiva para guiar o processo de ensino-aprendizagem [DUTRA 2003].

Em de 1982, Sleeman e Brown, em estudos intensos, revisaram o estado da arte nos sistemas CAI e criaram o termo Sistemas Tutores Inteligentes (*Intelligent Tutoring Systems*), para explicar os sistemas ICAI e diferenciá-los dos sistemas CAI anteriores. Estes sistemas facilitariam o ensino e aprendizagem fazendo-o mais efetivo, correto e também mais agradável.

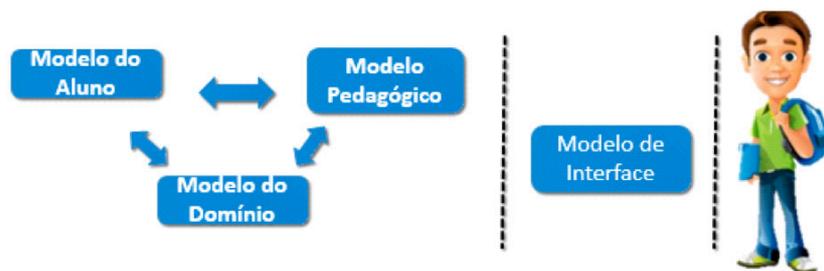
#### **3.1. Arquitetura do STI**

Por não existir uma teoria formada sobre os STI's e os projetos ainda serem de caráter experimental. Em análise dos vários sistemas de tutoria inteligente existentes na literatura, percebe-se variações mínimas entre suas arquiteturas e suas composições são muito similares.

O foco principal dos Sistemas Tutores Inteligentes é possibilitar o ensino personalizado a cada aluno, tentando simular o comportamento de um professor em sala de aula. Estes sistemas são moldados em uma arquitetura composta basicamente por quatro componentes, ilustrados na (Figura 2):

- Modelo do Aluno – Contém informações e características sobre o aluno que está utilizando ou já utilizou o sistema.
- Modelo de Domínio – É composto pelo conhecimento do que será ensinado ao aluno no formato de regras de produção, estereótipos, etc.
- Modelo Pedagógico – Possui as estratégias e táticas que serão utilizadas em função das características apresentadas pelo aluno, que por sua vez estão armazenadas no Modelo Aluno.
- Modelo de Interface – Responsável por administrar a interação do sistema com o aluno.

Segundo Dutra (2003), esta arquitetura é denominada clássica e também conhecida como função tripartida ou arquitetura tradicional de STI. O termo tripartido se refere às funções associadas aos modelos pedagógico do aluno e do domínio.



**Figura 2 – Arquitetura clássica de um STI**

Esta proposta trouxe grandes avanços à modelagem de ambientes educacionais, pois separou o domínio da sua forma de manipulação (utilização). Permitindo assim, que estratégias de ensino fossem associadas em função das informações oriundas da modelagem do aluno. A seguir, serão discutidas cada um dos componentes da arquitetura.

### **3.1.1. Modelo do Aluno**

O modelo aluno segue como principal elemento dentro da pesquisa sobre STI, onde se encontra a diferenciação principal entre STI e CAI, pois, o modelo aluno é capaz de individualizar o aluno para que o mesmo seja capaz de receber conteúdos de acordo com seu desempenho. Segundo Mitchell (1993), um STI deve modelar o mundo, o aprendiz, e a interação professor-aluno.

Segundo Rickel (1989), o modelo aluno é um sistema de auxílio, cujo objetivo é alcançar um ensino mais individualizado e um comportamento mais inteligente, necessitando tanto do conhecimento do assunto a ser ensinado como também saber o nível de conhecimento do estudante sobre o conteúdo deste assunto.

Para que o modelo aluno funcione adequadamente há a necessidade que o STI saiba antecipadamente o nível de conhecimento do estudante para o tema proposto, levando em consideração aspectos como: ritmo, métodos de apresentação, níveis de interesse e motivação sobre o assunto e sua área de especialidade.

A função deste modelo é procurar manter um diagnóstico durante uma sessão de ensino, da forma mais precisa possível, por meio de uma quantidade adequada de informações, levantadas a partir da interação do aluno com o sistema [SILVEIRA 2001].

Este modelo gerencia e individualiza as respostas do aluno, a partir dele e do conteúdo representado no Modelo do Domínio, o sistema será capaz de inferir a estratégia de ensino que mais se adequar a cada aluno.

### **3.1.2. Modelo de Domínio**

O Modelo do Domínio é constituído pelo material instrucional e representa o conhecimento sobre o domínio [GIRAFFA & VICCARI 2001]. Via de regra, esse modelo é desenvolvido pelo projetista e o especialista, produzindo sinergia entre profissionais com domínio do conteúdo e com competência didática.

Escolher a representação do conhecimento em um domínio específico depende exclusivamente do conhecimento do assunto em questão como também da utilização a ser realizada desse conteúdo no sistema. Em domínios de natureza descritiva e teórica a representação utilizada é geralmente declarativa. Em domínios orientados à execução de uma determinada tarefa, a representação tende a ser procedimental [VICCARI E OLIVEIRA 1992].

### **3.1.3. Modelo Pedagógico**

O Modelo pedagógico, também chamado de modelo tutorial ou estratégias de ensino, é formado por um conjunto de estratégias que possibilitam que o sistema decida qual material deve ser exibido e quando ele será exibido.

Segundo Viccari e Oliveira (1992), uma estratégia de ensino pode ser vista como um plano, ou seja, uma estrutura de ações visando atingir determinados objetivos. As estratégias são formadas pelo conhecimento de como transmitir o conteúdo. Essas estratégias são geradas a partir de informações coletadas do modelo aluno e da sua própria estrutura tutorial, isso possibilita que o sistema se adapte e melhore suas estratégias de ensino com o decorrer do processo de ensino e aprendizagem.

Por estar fortemente ligado a decisões subjetivas e cognitivamente complexas, esse modelo é de difícil implementação computacional. Em geral, as decisões estão relacionadas a quais informações apresentar ao aluno e quando. Assim, o modelo pedagógico deve definir “o quê” dizer ao estudante e, ainda, definir “quando”. Esses critérios de “o que” e “quando”, segundo Rickel (1989), é a mais importante decisão pedagógica do módulo pedagógico.

### **3.1.4. Modelo de Interface**

O desenvolvimento de uma interface intuitiva e de fácil relacionamento com o usuário é de suma importância para o sucesso de qualquer sistema interativo. Essa afirmação também é válida para os sistemas de tutoria inteligente. A interação que o sistema tutor exerce caracteriza-se em duas funções principais, a apresentação do material institucional e o monitoramento do progresso do aluno baseando-se em suas respostas.

A interface homem-computador continua sendo uma importante área de pesquisa em Ciência da Computação. Uma boa interface deve: antecipar as ações do usuário, ser consistente e fornecer um alto nível de interação. [Orey, Michael A., Nelson, Wayne A. 1993].

A interface proporciona uma comunicação bidirecional entre o STI e o aluno e traduz a representação interna do sistema para uma linguagem de interface que seja o mais compreensível possível e amigável para o aluno [Shneidermann 1992].

Com isso, surge a necessidade de evitar que o estudante se entedie no momento da apresentação do material institucional, por esse motivo é preciso riqueza de recursos durante as apresentações, pois, as informações são absorvidas de forma mais fácil pelo aluno se essa mesma apresentação envolver os vários sentidos do aluno. Segundo Rickel (1992), as pessoas retêm aproximadamente 25% do que escutam, 45% do que veem e escutam e 70% do que veem, escutam e fazem.

## **4. Revisão Sistemática**

Segundo Kitchenham (2007) uma revisão sistemática é uma pesquisa em profundidade de um fenômeno de interesse que produz resultados específicos e detalhados por meio da análise de conteúdo e qualidade do material pesquisado. Com isso, esse trabalho busca investigar literatura específica sobre sistemas de tutoria inteligente buscando contribuir para a comunidade científica.

### **4.1. Metodologia**

Seguindo as diretrizes propostas por Kitchenham (2007), objetivamos a realização de uma revisão sistemática que mostre o real cenário das pesquisas, sobre as questões elencadas

acerca dos sistemas de tutoria inteligente apresentadas no Simpósio Brasileiro de Informática na Educação nos últimos cinco anos.

#### 4.1.1. Questões da pesquisa

Levamos em consideração o seguinte conjunto de perguntas:

- QP1: Quais são os principais estudos propostos na área de sistemas de tutoria inteligente (softwares, modelos, experimentos, protótipos, etc...)?
- QP2: O quantitativo de publicações vem crescendo durante os anos?

#### 4.2. Banco de dados

O processo de busca e filtragem dos artigos foi realizado de forma manual usando os anais do SBIE. O referido simpósio foi escolhido por conter uma base de dados de alta relevância no tema proposto por esse estudo. Para a busca, foi utilizado um conjunto de palavras-chaves em um intervalo de tempo compreendido de 2010 a 2015.

A escolha dos trabalhos foi dividida em duas etapas, a primeira levou em consideração o seu título e palavras-chaves, sendo excluídos da pesquisa aqueles que continham essas características em desacordo com o objeto do estudo. Em havendo dúvida sobre a escolha do artigo baseado em seu título, o mesmo foi mantido. A segunda etapa foi baseada nos resumos e conclusões, podendo ser levado em consideração outras partes dos artigos.

#### 4.3. Critérios de busca

O estudo foi realizado no intervalo de tempo compreendido entre 1 de janeiro de 2010 e 31 de dezembro de 2015, as buscas ocorreram na base de dados dos anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE e realizadas de forma manual, utilizando as seguintes palavras-chaves (Inteligente, Tutoria, STI) que foram propostas de acordo com a relevância de suas ocorrências em estudos anteriores, resultando no quantitativo exposto na (Tabela 1).

2010	2011	2012	2013	2014	2015
6 artigos	5 artigos	3 artigos	2 artigos	3 artigos	4 artigos

**Tabela 1: Quantitativo por ano**

Os critérios de busca levaram em consideração as etapas constantes na Subseção 4.2 e na (Tabela 2).

Critérios de inclusão = CI	Critérios de exclusão = CE
Artigos que abordem o tema: Sistemas de Tutoria Inteligente = CI1	Artigos derivados da mesma pesquisa = CE1
Protótipo de estudos sobre o tema: Sistemas de Tutoria Inteligente = CI2	Artigos que contenham as palavras-chave mas não abordem o tema: Sistema de Tutoria Inteligente = CE2

**Tabela 2: Critérios de inclusão e exclusão**

#### 4.4. Dados da pesquisa

A pesquisa no repositório do SBIE resultou em um quantitativo de 23 artigos encontrados. Essa busca baseou-se nos critérios propostos na Subseção 4.3 onde tivemos 17 artigos incluídos e 6 artigos excluídos, conforme ilustrado na (Tabela 3). Baseando-se nos critérios de inclusão e exclusão montamos a (Tabela 4).

Fonte	Total de artigos	Artigos incluídos	Artigos excluídos	(%)
SBIE	23	17	6	73,91%

**Tabela 3: Banco de dados**

Artigo	Classificação	Artigo	Classificação
E01	CE2	E13	CI1
E02	CE2	E14	CI2
E03	CI2	E15	CI1
E04	CI1	E16	CI2
E05	CI1	E17	CI2
E06	CI1	E18	CI2
E07	CI1	E19	CE2
E08	CE1	E20	CE2
E09	CI2	E21	CI2
E10	CI2	E22	CI2
E11	CI2	E23	CI1
E12	CE1		

**Tabela 4: Classificação**

## 5. Resultados

A seguir serão apresentados os resultados da revisão sistemática da literatura obtidos conforme questionamentos propostos na Subseção 4.1.1.

### 5.1. Quais são os principais estudos propostos na área de sistemas de tutoria inteligente?

Para classificar essas informações foi desenvolvido um sistema de categorização dos estudos, visando distinguir trabalhos de abordagens distintas. Por não existir uma classificação padrão na literatura para as necessidades deste estudo, definimos as seguintes categorias: Estudos e Métodos, Protótipo de Arquiteturas, Desenvolvimento de Software e Módulos e Experimentos. Analisando o (Gráfico 1) identificamos que os estudos mais significativos se baseiam no desenvolvimento de softwares e/ou módulos de tutores inteligentes (E03, E10, E11, E17, E14 e E18). Em segundo lugar ficam os trabalhos que investigam métodos técnicas que possam ser agregadas aos sistemas de tutoria inteligente (E04, E05, E06, E15 e E23). Logo em seguida surge os estudos baseados em experimentos, onde o software já existe e busca-se aprimorar suas funcionalidades utilizando um quantitativo específico de alunos/usuários para poder obter resultados estatísticos específicos (E09, E16, E21 e E22). Por último vem os protótipos de novas arquitetura para os modelos de sistemas de tutoria inteligente (E07 e E13).

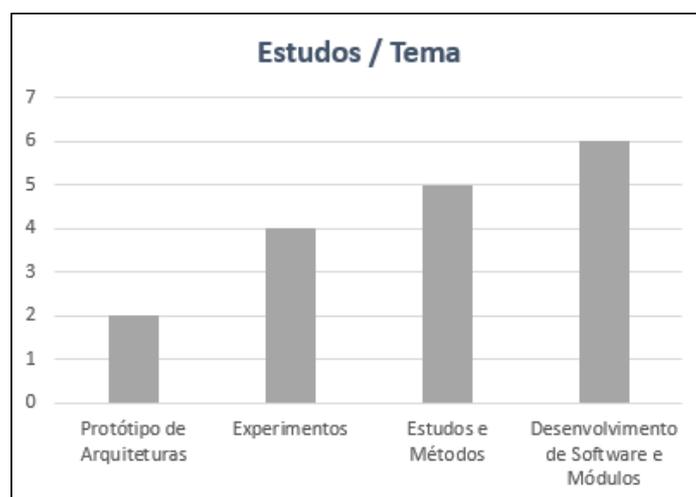
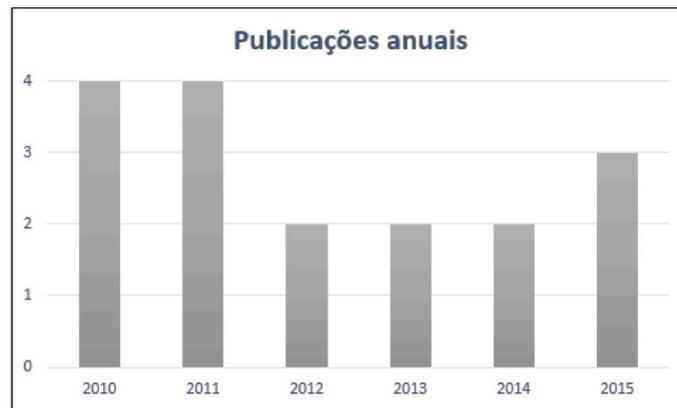


Gráfico 1: Quantitativo de artigos divididos por tema.

### 5.2. O quantitativo de publicações vem crescendo durante os anos?

O (Gráfico 2) mostra que os resultados da revisão sistemática na área de sistemas de tutoria inteligente sofreram uma ligeira baixa em anos anteriores (2012 a 2014) mas aponta um crescimento considerável no último ano (2015), mostrando assim a relevância do estudo desse tema para a comunidade científica.



**Gráfico 2: Publicações anuais no SBIE**

## 6. Considerações Finais e Conclusão

A evolução dos STI's é notória nessa pesquisa, visando sempre a maior aproximação entre as capacidades de um STI e de um tutor humano, que considera aspectos emocionais e multissensoriais para traçar objetivos de atuação em conjunto com o aluno, possibilitando melhores estratégias de ensino.

Nesse estudo, expomos os resultados de uma revisão literária sobre os estudos relevantes em sistemas de tutoria inteligente publicados nos últimos 5 anos no cenário nacional. Em particular no Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE. A prospecção dos artigos na base de dados do SBIE resultou na pré-seleção de 23 artigos, dentre os quais 17 foram incluídos para a extração de dados.

Essa análise mostrou que em 2010 e 2011 tivemos uma alta no índice de publicações sobre o tema, o que não ocorreu nos três anos seguintes, vindo a aumentar em 2015. Através desses resultados, conseguiu-se traçar um panorama capaz de servir como base para ampliar os estudos sobre o tema aumentando e diversificando as bases de pesquisas.

## Referências

- B, Kitchenham. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering, version 2.3. Technical Report EBSE. Software Engineering Group. School of Computer Science and Mathematics Keele University. 2007.
- Dutra, I. (2003) Sistemas Tutores Inteligentes. Universidade Federal do Rio de Janeiro. p 4.
- Giraffa, L. M. M.; Viccari, R. M. (2001) Fundamentos dos Sistemas Tutores Inteligentes. Porto Alegre.
- Mitchell, P. D., & Grogono, P. D. (1993) Modelling Techniques for Tutoring Systems. Computers and Education, p. 55-61.
- Nwana, H. S. (1990) Intelligent tutoring systems: an overview. Artificial intelligence Review, p 77.
- Orey, Michael A., Nelson, Wayne A. (1993) Development principles for intelligent tutoring systems: integrating cognitive theory into the development of computer-based instruction. Educational technology Research and Development, p. 59-72.

- Rickel, J.W. (1989) Intelligent computer-aided instruction: a suvery organized around system componentes. IEEE Transactions on Systems. Man. And Cybernetics, p 40-57.
- Shneidermann, B. (1992) Designing the user interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction, 2 ed., Addison: Wesley Publishing Company.
- Silveira, R. A. (2001) Modelagem orientada a agentes aplicada a ambientes inteligentes distribuídos de ensino. Porto Alegre. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Skinner, B.F., Man, in Britt, S.H., Consumer Behavior and the Behavioral Sciences , John Wiley & Sons, inc., 1966. (pp. 22-23).
- Sleeman, D. (1982) Assessing aspects of competence in basic algebra. In: SLEEMAN, D.; BROWN, J.S. (eds.) Intelligent Tutoring Systems. New York: Academic Press.
- Urretavizcaya L. Maite. (2001) Sistemas Inteligentes em el âmbito de la educación. Revista Iberoamericana de Inteligência Artificial. V. 12. p.5-12.
- Vicari, R. M. e Oliveira, F. M. (1992) Sistemas tutores inteligentes. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Informática, p. 68.