

# Representação Tridimensional de Estereótipos de Aprendiz em Exercícios de Solução de Problemas Pouco Estruturados

Robinson Vida Noronha<sup>1</sup>, Clovis Torres Fernandes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)  
Av. Sete de Setembro, 3165 – Curitiba – PR – Brasil

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)  
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – São José dos Campos, SP – Brasil

vida@utfpr.edu.br, clovistf@yahoo.com.br

**Abstract:** *How to model students to develop Intelligent Tutor System based on ill-structured problems instructional activities is still an open question. The main difficulties to represent this model is that there isn't student's stereotypes to aid this task. Ill-Structured Problems are problems that doesn't have structure, in many times they don't have correct answer and nobody knows how students answer these type of problem. We can speculate that these aspects turn the task of student's stereotypes definition and students models a highly cost journey. This paper presents a stereotype of student model based on three dimension. This research is based on Convergence and Divergence ideas and concepts. The main purpose of this paper is scaffold the definition process of Intelligent Tutor System based on Ill-Structured Problems.*

**Resumo:** *Como Modelar Aprendizes para o desenvolvimento de Sistemas Tutores Inteligentes para atividades instrucionais baseadas na solução de Problemas Pouco Estruturados é ainda uma questão em aberto. A dificuldade na representação desse modelo está na falta de estereótipos de aprendizes. Problemas Pouco Estruturados são problemas que carecem de estruturação, não possuem resposta correta e não é conhecido o método como os aprendizes o resolvem. Pode-se especular que essas características tornam a tarefa de definição de estereótipos e modelos de aprendizes uma questão de elevado custo. Este trabalho apresenta um modelo de aprendiz definido em três camadas distintas. Esse modelo é baseado no conceito de Convergência e Divergência de idéias ou conceitos. O objetivo principal do modelo de estereótipos apresentado é o seu uso em Sistemas Tutores Inteligentes baseados em Problemas Pouco Estruturados.*

**Palavras Chaves:** Estereótipos de Aprendizes, Problemas Pouco Estruturados, Representação de Conhecimento, Sistemas Tutores Inteligentes.

**Key words:** Stereotypes of students, Ill-Structured Problems, Knowledge Representation, Intelligent Tutor Systems.

## 1. Introdução

Preparar os aprendizes para serem bons solucionadores de problemas deveria ser um dos principais objetivos da Escola [Jonassen, 2004]. Por meio de atividades instrucionais conhecidas e de domínio do professor, a Escola tem se concentrado em treinar aprendizes a resolver problemas de estrutura bem conhecida ou *well-structured problems* - *WSPs*, os problemas encontrados ao final de um capítulo do livro-texto. [Jonassen, 2004]

Entretanto, os problemas que as pessoas enfrentam em sua vida particular ou profissional raramente são estruturados e podem ser resolvidos através da aplicação de regras. Esses problemas são denominados de pouco ou mal estruturados ou simplesmente *ill-structured problems-IPs*. [Simon, 1973; Jonassen, 2004]

IPs não possuem solução ou possuem múltiplas soluções de difícil avaliação. Os possíveis caminhos percorridos pelos aprendizes para a obtenção de solução a um ISP, em alguns casos, também não são conhecidos e o conceito de solução “correta” ou “incorreta” não é definido ou aplicável. [Simon, 1973; Hong, 1992; Goel, 1998; Fernandes e Simon, 1999]

Se o conceito de solução “correta” ou “incorreta” não pode ser empregado nem os caminhos de obtenção das possíveis soluções a um ISPs são previamente conhecidos pelo autor da atividade instrucional, então como um Modelo de Aprendiz para um possível Sistema Tutor Inteligente – STI poderia ser definido?

Para solucionar essa questão, recorreu-se a dois trabalhos encontrados na bibliografia. No primeiro, Noronha (2005a, 2005b e 2007) apresenta a Comunicação Estrutural [Egan, 1976] como uma técnica de representação de atividade instrucional baseada em ISP para uma arquitetura genérica de STI. No segundo, Bahar (1999), durante a execução de exercícios de Comunicação Estrutural, identificou a partir das soluções apresentadas por classes reais de aprendizes no domínio da Biologia, dois estilos cognitivos, a saber: Convergente e Divergente.

Este artigo descreve como os estilos cognitivos Convergentes e Divergentes identificados por Bahar poderiam ser representados em um Modelo de Aprendiz para um Sistema Tutor Inteligente que utiliza a Comunicação Estrutural como técnica pedagógica. O artigo está dividido em 5 seções. A Seção 2 destaca a ausência de ITSs para ISPs, bem como destaca a importância da definição de estereótipos. A Seção 3 descreve um cenário instrucional onde um ISP é investigado por aprendizes com a supervisão de um professor. A Seção 4 descreve o modelo de estereótipos e finalmente, a Seção 5 apresenta algumas conclusões e trabalhos futuros.

## 2. Modelos de Aprendiz e Tipos de Problemas

Um dos primeiros trabalhos a destacar a importância da definição de estereótipos ou modelos de aprendizes foi apresentado por Rich (1989). Cientes dessa importância, alguns STIs têm classificado os aprendizes de acordo com a sua maestria em domínios ou em sua perícia em processos, tais como os analisados por Murray (2003). Durante essa classificação, estereótipos são definidos e utilizados como elemento-referência.

Nesse contexto, Holt et al. (1993) relaciona o Modelo do Aprendiz com a forma de representar o conhecimento bem estruturado e delimitado. ISPs, entretanto não possuem o seu domínio bem estruturado e nem sempre podem ser delimitados. [Simon, 1973]

De maneira resumida, pode-se observar que os STIs descritos na bibliografia até o presente momento têm sido desenvolvidos para domínios e problemas bem estruturados. Por outro lado, quando o domínio é pouco estruturado ou o problema é pouco estruturado, tende-se a optar por uma abordagem cooperativa ou colaborativa ou *CSCL -Computer- Supported Collaborative Learning*.

A Figura 1a) ilustra esse aspecto. Nessa figura, o universo dos tipos de problemas é representado por uma linha que representa a graduação do tipo de problema. Quanto mais a esquerda, o problema pode ser considerado melhor estruturado (WSP). Quanto mais a direita, o problema pode ser considerado pior estruturado (ISP). Além disso, essa figura ilustra alguns exemplos de ferramentas tais como Rashi [Woolf et al., 2005] e ConvinceMe [Schank, 1995] como ambientes que facilitam a comunicação e interação entre aprendizes quando buscam soluções a ISPs; as ferramentas Simquest [Joolingen e Jong 2003] e Demonstr8 [Blessing, 2003] são bons exemplos de STIs para problemas bem estruturados (WSPs).

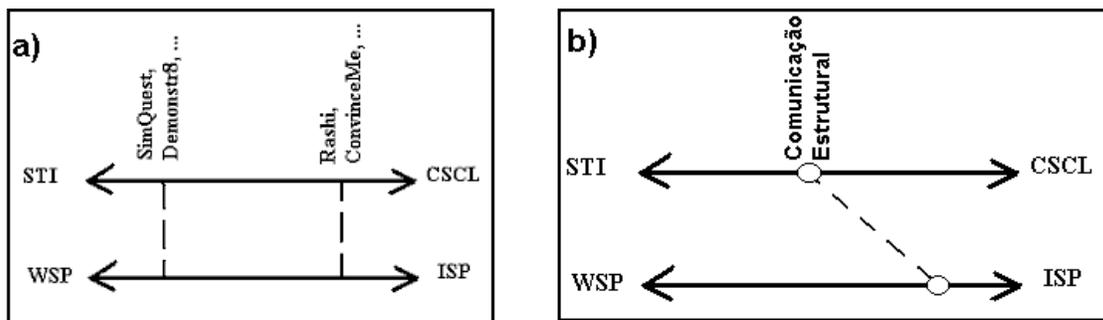


Figura 1-Representação de Tipos de Ferramentas e Classes de Problemas

A Figura 1b) representa o cenário investigado, ou seja, a Comunicação Estrutural com recursos de Sistemas Tutores Inteligentes para a produção de exercícios de solução de Problemas Pouco Estruturados.

### 3. Dinâmica de Execução da Atividade Instrucional

Considere uma determinada atividade instrucional no domínio de História. Essa atividade instrucional poderia ter como objetivo analisar fatos históricos de acordo com diversas perspectivas: econômica, militar, política e religiosa, por exemplo. Preliminarmente, um professor poderia elaborar essa atividade instrucional através da definição do seguinte ISP:

"Durante a primeira metade do século XVI, a companhia Mercadores Aventureiros tornou-se o grupo mais poderoso e influente na Inglaterra. Eles controlavam o lucrativo comércio de roupas com Antwerp. Quais motivos levaram essa companhia a atingir tal posição de prestígio e força política na sociedade do século XVI?"

O professor poderia ainda fornecer, por exemplo, junto com o problema, um conjunto de 20 fatos  $\{F1, F2, \dots, F20\}$  numerados e que poderiam ser utilizados ou não na composição das soluções dos aprendizes. A Figura 2 ilustra esses fatos apresentados em um formato de matriz denominado Matriz Resposta:

**Matriz Resposta:**

F1	F2	F3	F4	F5
F6	F7	F8	F9	F10
F11	F12	F13	F14	F15
F16	F17	F18	F19	F20

**Figura 2-Exemplo de Matriz Resposta Genérica**

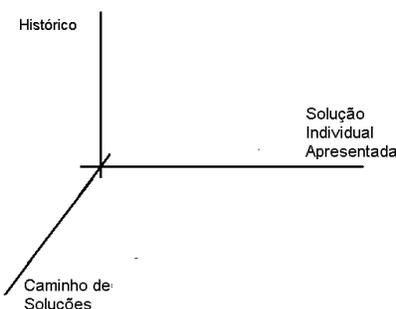
Nesse contexto, o aprendiz compõe as suas soluções através da seleção de alguns elementos da matriz. Idealmente, os elementos selecionados devem ser escolhidos de acordo com a sua crença ou ponto de vista.

O professor analisa e avalia a solução apresentada pelo aprendiz investigando quais dos elementos da Matriz Resposta foram selecionados ou omitidos. A partir dessa análise, o professor comenta a solução. O comentário fornecido pelo professor é função exclusiva dos elementos presentes ou ausentes na solução apresentada.

Idealmente, esse comentário poderia modificar as crenças ou ponto de vista do aprendiz e este, por sua vez, poderia apresentar uma nova solução ao problema, aprofundando assim, a análise das possíveis soluções e do problema. Nesse contexto, visualiza-se um aprendiz que lê o problema, seleciona alguns elementos para a sua solução, recebe os comentários feitos pelo professor e, em seguida, fornece uma nova solução. Esse ciclo repete-se até que, dando-se por satisfeitos, professor e aprendiz encerram o exercício.

#### 4. Modelo do Aprendiz

A classificação do aprendiz exemplificado na Seção 3 é realizada em três eixos, conforme representada na Figura 3. O primeiro eixo apenas analisa a solução apresentada. O segundo e terceiro eixos analisam o histórico de soluções do aprendiz de duas formas.



**Figura 3- Representação do Modelo do Aprendiz em um modelo formado por três eixos.**

#### 4.1 Representação do Conhecimento

Considera-se, nesse exemplo, que cada fato  $F$  da Matriz Resposta pode ser simplificado a um grafo de conceitos, conforme exemplifica a Figura 4. Nessa figura, por exemplo, o fato  $F_1$  é representado em grafos de conceitos ou *KeyWord Knowled* – *KWK*. Cada KWK representa idéias ou elementos do domínio importantes que o professor destacou. [Noronha, 2005]

Outra forma de representar computacionalmente cada elemento  $F$  da Matriz Resposta é através de uma expressão numérica denominada Expressão de Conceitos. Noronha (2005) apresenta algumas técnicas computacionais para associar cada elemento  $F$  da Matriz Resposta com o conjunto de KWK. Essa representação se faz necessária apenas para facilitar a manipulação computacional.

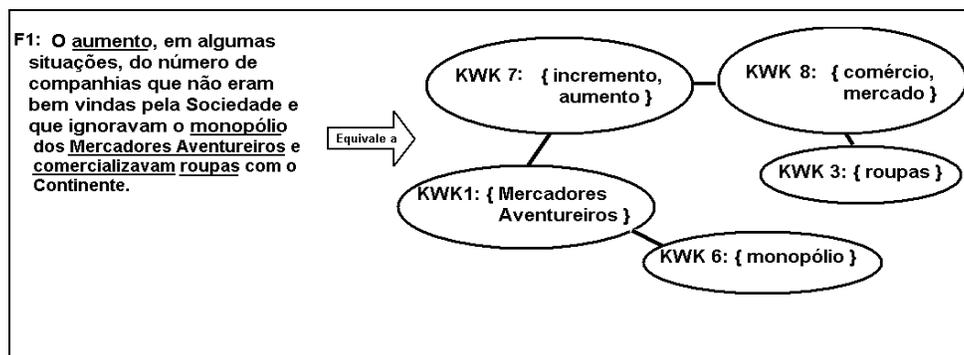


Figura 4-Representação do Fato  $F_1$  em Grafo de Conceitos.

#### 4.2 Expressão de Conceitos

Supondo que um professor tenha considerado ou destacado 10 KWKs para o domínio do exemplo considerado. Nesse caso, cada elemento  $F$  pode ser representado através de uma expressão denominada neste trabalho de Expressão de Conceitos  $S_F$ .

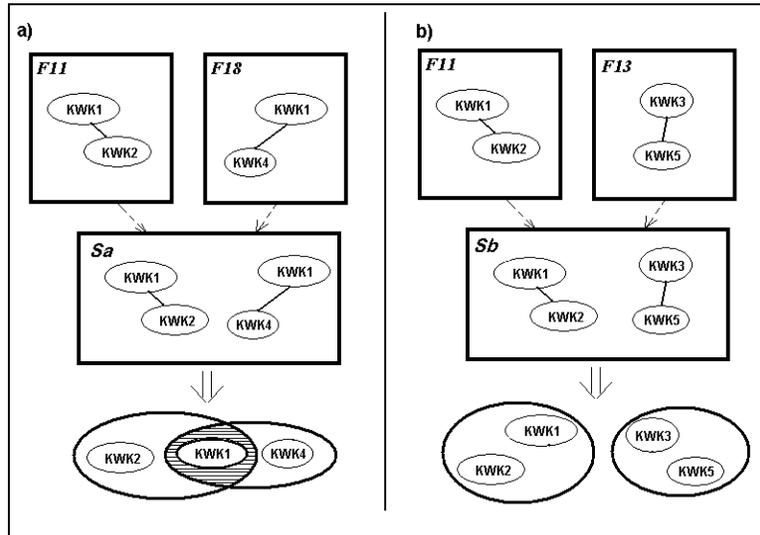
A Expressão de Conceitos registra a presença ou não de cada KWK no fato  $F$  considerado. Nesse contexto, a presença da KWK é representada pelo número “1” e a sua ausência por “0”. Logo, o fato  $F_1$ , exemplificado na Figuras 4, é representado como Expressão de Conceitos  $S_{F_1}$ .

$$S_{F_1} = 1.KWK1 + 0.KWK2 + 1.KWK3 + 0.KWK4 + 0.KWK5 + 1.KWK6 + 1.KWK7 + 1.KWK8 + 0.KWK9 + 0.KWK10$$

#### 4.3 Primeiro Eixo: Classificação dos Aprendizes a Partir da Análise Individual da Solução

Nesse primeiro eixo, a solução apresentada pelo aprendiz é analisada de forma isolada. Por exemplo, um aprendiz poderia selecionar os elementos  $\{F_{11}, F_{18}\}$  para compor a sua solução. Um outro aprendiz, poderia selecionar outros elementos, como  $\{F_{11}, F_{13}\}$ . As Figuras 5a) e 5b) exemplificam simbolicamente essas duas possíveis soluções. A figura também exemplifica possíveis KWKs associadas a cada elemento

selecionado. Na Figura 5a), a solução é formada pelos elementos  $F_{11}$  e  $F_{18}$ . Na Figura 5b), os elementos  $F_{11}$  e  $F_{13}$ .



**Figura 5-Exemplo de Análise da Solução Apresentada**

Na solução representada na Figura 5a), os elementos associados  $F_{11}$  e  $F_{18}$  possuem um elemento comum, a  $KWK1$ . Nesse caso, a solução é considerada Convergente ao elemento  $KWK1$ . Por outro lado, na Figura 5b), diferentemente da solução ilustrada na Figura 5a), a solução não apresenta  $KWK$  comum aos elementos  $F_{11}$  e  $F_{13}$ . Nesse caso, a solução é considerada Divergente aos elementos  $\{KWK1, KWK2, KWK3$  e  $KWK5\}$ .

Essa análise dos elementos selecionados também pode ser feita através da análise da Expressão de Conceitos. A Expressão de Conceitos para cada solução é obtida somando-se os índices de cada elemento  $KWK$  separadamente. Por exemplo, a solução representada na Figura 5a) corresponde à seguinte Expressão de Conceitos  $S_a$ :

$$S_{F_{11}} = 1.KWK1 + 1.KWK2$$

$$S_{F_{18}} = 1.KWK1 + 1.KWK4$$

$$S_a = S_{F_{18}} \wedge S_{F_{11}} = 2.KWK1 + 1.KWK2 + 1.KWK4$$

Sendo que a  $KWK1$  recebe o índice “2” pois ela ocorreu duas vezes, a primeira no elemento  $F_{11}$  e a segunda no elemento  $F_{18}$ . Com a finalidade de simplificar a expressão, os elementos cujo índice é o “0”, são omitidos. A análise dos índices da Expressão de Conceitos permite identificar os elementos  $KWKs$  mais utilizados na composição da solução. Nesse exemplo o  $KWK1$  foi o elemento do domínio mais utilizado. Na Expressão de Conceitos, essa  $KWK$  é identificada pelo valor de índice superior a “1”. Nesse exemplo, a solução é considerada Convergente ao elemento  $KWK1$ .

De forma análoga, a análise dos índices da solução exemplificada na Figura 5b) não permite identificar valor de índice superior a “1”. Isso significa que, para o modelo descrito neste artigo, a solução não converge para nenhuma idéia ou conceito

específico. Ou seja,  $S_b$  é uma solução Divergente nos conceitos KWK1, KWK2, KWK3 e KWK5.

Resumindo, se a Expressão de Conceitos da solução apresentada possuir algum índice superior a “1”, essa solução é classificada como Convergente nos elementos do domínio ( KWKs ) de maior índice. Se a Expressão de Conceitos não possuir índice superior a “1”, essa solução é classificada como Divergente.

#### 4.4 Segundo Eixo: Classificação do Aprendiz a partir do Histórico de Soluções

Nesse eixo, as soluções apresentadas pelo aprendiz são classificadas em Histórico Convergente, Divergente ou Misto. Se todas as soluções apresentadas pelo aprendiz forem convergentes, então ele é classificado como **Histórico Convergente**; se todas as soluções apresentadas forem divergentes, então ele é classificado como **Histórico Divergente**; se o histórico apresentar soluções convergentes e divergentes, então ele é classificado como **Histórico Misto**.

A Figura 6 exemplifica simbolicamente a ocorrência dessas três classes básicas. O histórico de soluções é considerado Convergente se todas as “n” soluções armazenadas foram classificadas individualmente como Convergentes. Por sua vez, as classificações denominadas Misto e Divergente também são obtidas a partir da análise do histórico de soluções, conforme exemplificado na Figura 6:



**Figura 6 - Segundo Eixo de Classificação do Aprendiz**

#### 4.5 Terceiro Eixo: Classificação dos Aprendizes a partir do Histórico do Caminho das Soluções

O Terceiro Eixo procura identificar alguma Convergência no Histórico das soluções apresentadas por um aprendiz. Por exemplo, se um aprendiz classificado no Segundo Eixo como “Histórico Misto”, apresentou-se sequencialmente as soluções e suas respectivas classificações exemplificadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Exemplo de Histórico Misto.

Classificação da Solução	Expressão de Conceitos
Convergente em KWK1	$S_0 = 2.KWK1 + 1.KWK2 + 1.KWK4$

Divergente	$S_1 = 1.KWK1 + 1.KWK3 + 1.KWK4 + 1.KWK5$
Convergente em KWK2	$S_2 = 2.KWK2 + 1.KWK4 + 1.KWK8$
Divergente	$S_3 = 1.KWK1 + 1.KWK2 + 1.KWK4$

A análise das Expressões de Conceitos das soluções apresentadas pelo aprendiz exemplificadas na Tabela 1, permite identificar que o elemento KWK4 está presente em todas as soluções apresentadas. Nesse caso, o aprendiz é classificado no terceiro eixo como sendo “Caminho Convergente” em KWK4.

No exemplo da Tabela 1, é interessante observar que o Primeiro Eixo de classificação identificou  $S_0$  como Convergente em KWK1,  $S_1$  como Divergente,  $S_2$  como Convergente em KWK2 e  $S_3$  como Divergente. O Segundo Eixo classifica o aprendiz como “Histórico Misto”. Finalmente, o Terceiro Eixo permite identificar uma Convergência em KWK4 em todas as soluções apresentadas. Ou seja, a idéia ou conceito representado por KWK4 esteve presente durante todo o processo de solução, mostrando-se assim como uma possível crença básica do aprendiz.

#### 4.6 Análise das Classificações

A independência de classificação da i) solução individual, ii) do “histórico de soluções” e iii) do “caminho de solução” permite especificar a posição do aprendiz no sistema de eixos representados na Figura 3. A Figura 7 ilustra uma possível classificação do aprendiz. Nessa figura, um possível aprendiz é classificado e representado no sistema de eixos como sendo um aprendiz que apresentou a última solução como sendo Divergente, o seu histórico de soluções é Misto e ele possui um caminho Convergente de soluções.

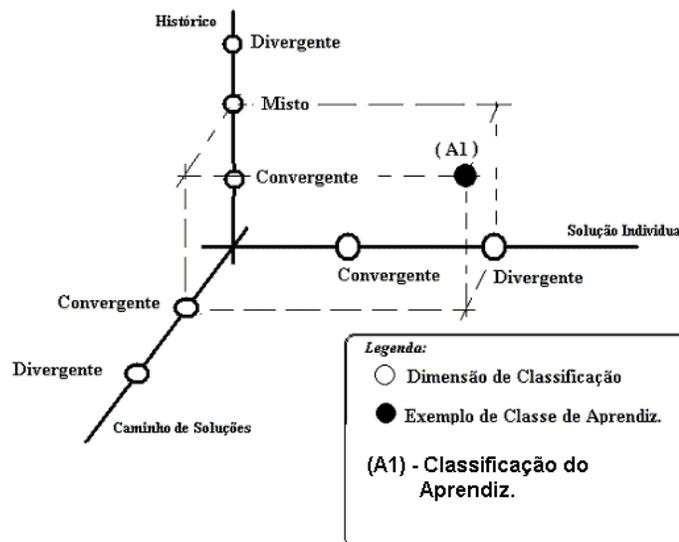


Figura 7-Exemplo Simbólico de Classificação de Aprendizes

A combinação das possíveis classificações dos três eixos definidos neste trabalho, permite identificar 12 estereótipos de aprendizes.

## 5. Conclusão

Este artigo apresentou um modelo de classificação de aprendizes para exercícios de solução de problemas pouco estruturados com a técnica Comunicação Estrutural. Em resumo, essa classificação é feita de acordo com a análise:

- **Individual da solução** - Os aprendizes podem ser classificados como **Convergentes** ou **Divergentes**. Essa camada de classificação é denominada de “Solução Individual”.
- **Individual dos elementos do histórico** - Os aprendizes podem ser classificados como tendo **Histórico Convergente**, **Divergente** ou **Misto**. Esse tipo de classificação é denominado de “Histórico de Solução”.
- **Coletiva do grupo de soluções** - Os aprendizes podem ser classificados como tendo um conjunto **Convergente** ou **Divergente** de soluções. Esse tipo de classificação é denominado de “Caminho de Soluções”.

A Comunicação Estrutural é uma técnica que permite a representação de exercícios de solução de problemas pouco estruturados. Com os resultados apresentados neste artigo, ela adquire uma das características básicas dos Sistemas Tutores Inteligentes, a capacidade de adaptar o domínio de acordo com algumas características do aprendiz. Logo, busca-se aproximar os STIs dos ISPs.

Apresenta-se como possibilidade de trabalho futuro, a investigação de quais estilos de mensagens ou estratégias poderiam estar associados aos estereótipos descritos neste trabalho. Essa associação permitirá a definição de estratégias e mensagens textuais para a condução do aprendiz durante a execução de um exercício de Comunicação Estrutural.

## 6. Referências Bibliográficas

- Bahar, M. (1999). Investigations of Biology Students Cognitive Structure Through Word Association Tests, Mind Maps and Structural Communication Grids. Tese de Doutorado. Center of Science Education, Faculty of Science, University of Glasgow.
- Blessing, S. B. A programming by demonstration authoring tool for model-tracing tutors. In: MURRAY, T.; BLESSING, S.; AINSWORTH, S. (Ed.). Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments - Towards cost-effective adaptive, interactive and intelligent educational software. 1. ed. P. O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. cap. 4, p. 93–120.
- Egan, K. (1976) Structural Communication. 6 Davis Drive, Belmont, California 94002: Fearon Publishers.
- Fernandes, R.; Simon, H. A. (1999). A study of how individuals solve complex and ill-structured problems. In: Policy Sciences. P. O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 225–245.
-

- Goel, V. (1992). A comparison of well-structured and ill-structured task environments and problem spaces. Proceedings of the Fourteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hong, N., S. (1998). The Relationship between Well-Structured and Ill-Structured Problem in Multimedia Simulation. Tese (Doutorado) — The Pennsylvania State University. The Graduate School. College of Education, August 1998.
- Jonassen, D. H., (2004). Learning to Solve Problems - An Instructional Design Guide. 989 Market Street, San Francisco, CA .Instructional Technology & Training Series.
- Joolingen, W. R. V.; Jong, t. de. (2003). Simquest - authoring educational simulations. in: MURRAY, T.; BLESSING, S.; AINSWORTH, S. (Ed.). Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments - Towards cost-effective adaptive, interactive and intelligent educational software. 1. ed. P. O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. cap. 1, p. 1–33.
- Murray, T. (2003). An Overview of Intelligent Tutoring System Authoring Tools: Updated Analysis of the State of the Art. Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments - Toward cost-effective adaptive, interactive and intelligent educational software. Editado por Tom Murray, Stephen Blessing and Shaaron Ainsworth. Kluwer Academic Publishers, p. 491-544. ISBN:1-4020-1772-3.
- Noronha, R. V., Galante, D., Fernandes, C. T., (2005a). *Preliminary Ideas to Provide Intelligent Tutoring Systems with Abilities to Deal with Ill-Structured Problems. Proceedings of International Conference "Methods and Technology for Learning", march 9th to 11th, Palermo, Italy.*
- Noronha, R. V., Fernandes, C. T., (2005b). *Model to represent ill-structured problems in ITS environments. Proceedings of 8th IFIP World Conference on Computers in Education, WCCE 2005. Computer Society of South Africa, SBS Conference, july 4 to 7th, Cape Town, South Africa.*
- Noronha, R. V., (2005). *Authoring Ideas for Developing Structural Communication Exercises. YRT Paper. Proceedings of 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education - AIED 2005. july 18 to 22, 2005. Amsterdam, Netherlands.*
- Rich, E., (1989), Stereotypes and User Modeling. User Models in Dialog Systems. Edited by Alfred Kobsa and Wolfgang Wahlster. Springer-Verlag. p 35-52.
- Schank, P. K. Computational Tools for Modeling and Aiding Reasoning: Assessing and Applying the Theory of Explanatory Coherence. Tese (Doutorado) — University of California at Berkeley, 1995.
- Simon, H., A., (1973), The Structure of Ill Structured Problems. Artificial Intelligence 4 (1973), 181-201.
- Woolf, B. P. et al. (2005). Critical thinking for science education. In: LOOI GORD MCCALLA, B. B. J. B. C.-K. (Ed.). Artificial Intelligence in Education. Amsterdam, Netherlands: IOS Press, p. 702–709.