

VICTOR MIRANDA GONÇALVES JATOBÁ

Utilizando técnicas de Planejamento em IA  
para automatizar a geração de um  
Planejamento Instrucional de conteúdo  
adaptado a um ambiente e-learning

São Paulo

2016

VICTOR MIRANDA GONÇALVES JATOBÁ

**Utilizando técnicas de Planejamento em IA para  
automatizar a geração de um Planejamento  
Instrucional de conteúdo adaptado a um ambiente  
e-learning**

Versão original

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação.

Área de concentração: Metodologia e Técnicas da Computação

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em xx de xxxxxxxxxxxxxxxx de xxxx. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH-USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Orientador: Profa. Dra. Karina Valdivia Delgado

São Paulo

2016

# Errata

Ver. 2.3

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Objetivo</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Metodologia</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Fundamentos teóricos</b> . . . . .	<b>7</b>
4.1	Sistemas Tutores Inteligentes (STI) . . . . .	7
4.2	Planejamento instrucional . . . . .	8
4.3	Planejamento em IA e Planejamento instrucional . . . . .	9
4.4	A plataforma WEB . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Cronograma</b> . . . . .	<b>11</b>
	<b>Referências<sup>1</sup></b> . . . . .	<b>12</b>

---

<sup>1</sup> De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

# 1 Introdução

Os Sistemas de Tutores Inteligentes (STI) são programas de software que dão suporte às atividades da aprendizagem (GAMBOA; FRED, 2002) e atualmente são tão eficazes quanto o acompanhamento individualizado por um Tutor humano em sala de aula (VANLEHN, 2011). Sendo o último, muito mais efetivo do que os métodos tradicionais de ensino, em que não há um acompanhamento personalizado (BLOOM, 1984). A arquitetura clássica de um STI levantada é composta por quatro componentes: modelo do Aluno; modelo do Especialista; modelo Instrucional ou Pedagógico e modelo da Interface (KAPLAN; DANNY, 1995). Por definição todo STI deve ser adaptado e personalizado ao aprendizado de cada aluno (WOO, 1991) sendo o Planejamento Instrucional o processo que possibilita tal característica (MOHAN; GREER; MCCALLA, 2003). Esse processo pode ser classificado em: planejamento de conteúdo, onde é selecionado o conteúdo para alcançar um determinado objetivo de aprendizagem (VASSILEVA; WASSON, 1996) e planejamento de apresentação que constrói uma sequência ótima de interações entre o tutor e o aluno (MOHAN; GREER; MCCALLA, 2003). Para que seja possível automatizar o processo de Planejamento Instrucional, técnicas de planejamento em Inteligência Artificial podem ser utilizadas (CHO, 2000; VASSILEVA; WASSON, 1996; BRUSILOVSKY; VASSILEVA, 2003).

A plataforma virtual Make Your Time © possui ferramentas que ajudam estudantes que estão se preparando para exames e concursos públicos na etapa de planificação das atividades de estudos, gerando automaticamente uma planilha de horas de estudos, no acompanhamento do rendimento escolar por meio de gráficos de desempenho e na prática de recuperação do conteúdo com a disponibilização de questões. Porém, não existe nenhum mecanismo de inteligência que faça com que o sistema se adapte ao aprendizado do estudante ao longo do tempo, além de não fornecer, de forma cronológica, uma melhor sequência de estudos e questões para maximizar o aprendizado do estudante no prazo pré-determinado.

A proposta desse trabalho é aplicar as técnicas de planejamento em IA para automatizar a geração de um Planejamento Instrucional de conteúdo na plataforma Make Your Time.

## 2 Objetivo

O presente estudo propõe um planejador instrucional adaptativo que utiliza os níveis de aprendizado do aluno e os requisitos exigidos no edital do exame que este irá prestar. Para automatizar a criação do planejamento instrucional e garantir a adaptabilidade do sistema, um agente não humano fará uso de técnicas de planejamento apoiado em Inteligência Artificial e aprendizado de máquina.

Cita-se como objetivos específicos desse trabalho:

- A definição de um modelo de estudante;
- Proposta e desenvolvimento de uma nova arquitetura para o ambiente EAD Make Your Time através das integrações do planejador proposto e do modelo do estudante;

### 3 Metodologia

## 4 Fundamentos teóricos

### 4.1 Sistemas Tutores Inteligentes (STI)

No final da década de 60 foram implementados uma série de sistemas sobre problemas em aritmética e recordação de vocabulário. Posteriormente outros sistemas surgiram com o intuito de fornecer exercícios e práticas em aritmética, selecionando problemas a partir do nível de dificuldade de cada estudante. Esses sistemas foram classificados como adaptativos e nomeados de Sistemas de Instrução Assistida por Computadores (CAI do inglês Computer-Assisted Instruction). Esse sistema é considerado o precursor dos Sistemas de Tutores Inteligentes (SLEEMAN; BROWN, 1982).

Os STIs são programas computacionais que utilizam técnicas de Inteligência Artificial, que de forma individualizada promovem o ensino e o aprendizado (WENGER, 1987). Sendo assim, não se trata apenas de um sistema que examina resposta de usuários à questões (SLEEMAN; BROWN, 1982). VanLehn (2011) demonstra que os STIs possuem uma maior eficiência para o aprendizado do que os métodos presentes em sistemas de tipos de tutoria mais tradicionais como os Computer Aided-Instruction (CAI), Computer-Based Instruction, Computer-Aided Learning, e o Computer-Based Training. Uma característica marcante dos STIs é que o acompanhamento à solução de um problema ou o aprendizado de um novo tópico acontece etapa por etapa, dando um feedback direto a partir da interação do usuário (VANLEHN, 2011). Esses sistemas devem apresentar algumas características. Primeiro, o conteúdo do tema ou especialidade deve ser codificada de tal forma que o sistema computacional possa ser capaz de acessar as informações, fazer inferências ou resolver problemas. Segundo, o sistema deve ser capaz de deduzir um valor de aproximação do aprendizado do aluno. Por fim, a parte de tutoria deve implementar estratégias para reduzir a diferença entre o conhecimento do especialista e o conhecimento do estudante (POLSON; RICHARDSON, 2013). Além disso, o sistema deve monitorar a execução do plano, e replanejar quando necessário devendo ser adaptável ao aprendizado do aluno (WOO, 1991).

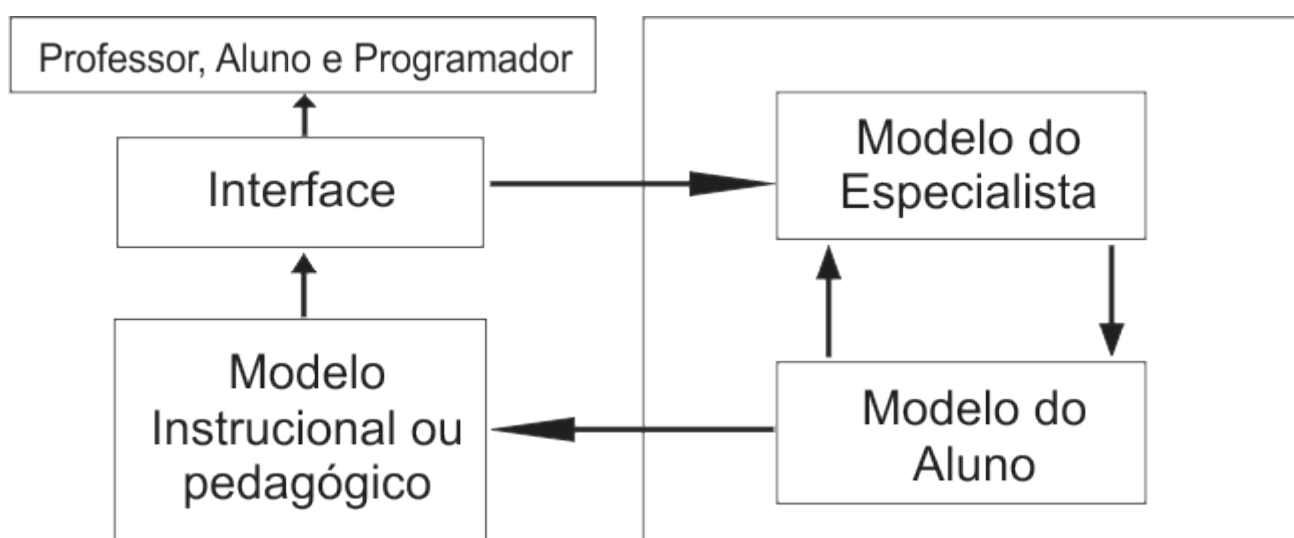
A arquitetura clássica dos STIs (1) é composta por basicamente quatro componentes (KAPLAN; DANNY, 1995):

1. **Modelo do Aluno:** nesse módulo são tratadas as características individuais do aluno.



2. **Modelo do Especialista:** detém o conhecimento sobre as disciplinas e assuntos no formato de regras de produção, estereótipos, etc.
3. **Modelo Instrucional ou pedagógico:** aqui está a parte da personalização do conteúdo para o estudante. Contém o conhecimento sobre as estratégias e práticas para selecioná-las em função das características dos alunos.
4. **Modelo da Interface:** intermedia a interação entre o tutor e o aluno. São divididos em três tipos: o aluno, o professor e o programador do sistema.

Figura 1 – Arquitetura clássica de um STI



Fonte: Kaplan e Rock, 1995

## 4.2 Planejamento instrucional

É de fundamental importância que em sistemas inteligentes e adaptáveis de educação a distância via WEB forneçam automaticamente, de forma personalizada, o conteúdo a ser aprendido pelo aluno (BRUSILOVSKY; VASSILEVA, 2003). Conteúdo, nesse trabalho, corresponde a questões. O propósito é motivar o estudante e ter certeza de que ele é capaz de resolver os problemas da base de domínio. No entanto não é de interesse fazer com que seja gasto muito tempo tentando resolver todos os problemas ou resolver problemas parecidos repetidas vezes. O grande dilema é que a seleção dos problemas deve ser desafiador sem ser frustrante. Assim o planejamento das questões deve manter os estudantes interessados em continuar os estudos até o final (CHO, 2000). Para a geração automática da sequência das questões é possível utilizar a técnica de Planejamento Instrucional.

O planejamento instrucional é o processo que possibilita a organização do conteúdo de forma consistente, coerente e continuada de um processo instrucional definido de acordo com as características de cada aluno e com os objetos educacionais utilizados (VASSILEVA; WASSON, 1996; MOHAN; GREER; MCCALLA, 2003). Foi inicialmente proposto por (PEACHEY; MCCALLA, 1986) e posteriormente adotados em muitos STIs. É através do planejamento instrucional que os sistemas tutores promovem o aprendizado individualizado (MOHAN; GREER; MCCALLA, 2003), identificando e selecionando as estratégias para suprir as deficiências no conhecimento de cada aluno (POLSON; RICHARDSON, 2013).

O planejamento instrucional pode ser dividido em dois tipos: planejamento de conteúdo que seleciona o conteúdo para alcançar um determinado objetivo de aprendizagem (VASSILEVA; WASSON, 1996) e planejamento de apresentação que constrói uma sequência ótima de interações entre o tutor e o aluno (MOHAN; GREER; MCCALLA, 2003). Esse processo pode ser automatizado através do uso de técnicas de planejamento em Inteligência Artificial (CHO, 2000; VASSILEVA; WASSON, 1996; BRUSILOVSKY; VASSILEVA, 2003; GARRIDO; ONAINDIA; SAPENA, 2008).

### 4.3 Planejamento em IA e Planejamento instrucional

Técnicas de Planejamento em IA permitem a criação de rotas de aprendizagem baseado nas preferências dos estudantes. São geradas automaticamente uma sequência de ações (planos) que satisfazem um dado objetivo (propriedade do mundo), por exemplo, a geração de uma sequência de leituras, lições, escritas, etc., que o estudante precisa seguir para completar o curso (CASTILLO et al., 2010). Com o uso dessa técnica em STIs, se obtém um plano de ações que definem o sequenciamento de recursos adaptado para o estudante (CHALLCO, 2012). Um dos primeiros trabalhos que usa técnicas de planejamento em IA dentro de plataformas e-learning foi (PEACHEY; MCCALLA, 1986). Posteriormente Vassileva e Deters (1998) criou um sistema na WWW que gera dinamicamente um curso instrucional baseado em representações explícitas da estrutura dos conceitos / tópicos que foi mantido separado das matérias de ensino. Ullrich (2008) foi um dos pioneiros a utilizar planejamento hierárquico de rede de tarefas (HTN-planning, Hierarchical Task Network Planning) para gerar planejamento instrucional. O sistema foi nomeado de PAIGOS e na implementação foi utilizado o planejador jSHOP2 (NAU et al., 2003). Em Challco et al. (2014) foram criadas estratégias para a geração de planos instrucionais baseado em

Aprendizado Colaborativo e foi proposto o jSHOP2ip, uma versão do jSHOP2 específico para planejamento instrucional para esse tipo de ambiente.

#### **4.4 A plataforma WEB**

O Make Your Time © é uma plataforma virtual que ajuda estudantes que estão se preparando para algum exame ou concurso público na etapa de planificação das atividades de estudos onde, utilizando técnicas de Inteligência Artificial, traça o perfil (baseado nas dificuldades, disponibilidade e facilidade de aprendizado) do estudante e gera, automaticamente, uma planilha de estudos contendo as disciplinas e a carga horária a ser dedicada ao estudo em cada período do dia em um calendário semanal. Ele sugere ao usuário, por exemplo, quais disciplinas ele deve estudar na sexta-feira pela manhã e quantas horas deve dedicar a cada uma naquele período. Também provê ferramentas que podem ajudar no acompanhamento do rendimento escolar, como gráficos de desempenho, sinalização dos conteúdos que ele possui maior dificuldade, tempo restante para o exame, e o seu desempenho em relação aos outros usuários na plataforma. Por fim é disponibilizado questões de concursos e exames anteriores para o aluno poder testar o conhecimento. Falar sobre a técnica utilizada no algoritmo que gera a planilha de estudos. Até o dado momento a ferramenta não disponibiliza nenhum tipo de conteúdo preparatório e não possui nenhum mecanismo inteligente para se adaptar ao aprendizado do estudante ao longo do tempo. O sistema gera uma planilha de estudos que não é reajustada às atuais dificuldades e necessidades que se apresentam ao longo do processo de aprendizagem do estudante. Também não existe uma forma cronológica e inteligente de geração de atividades e tarefas que faça com que o aluno atinja seus objetivos e maximize o seu aprendizado até a data do exame que ele irá prestar. A plataforma foi financiada por recursos próprios, possuindo atualmente cerca de 200 usuários com uma taxa de 15% de usuários ativos. O seu acesso está disponível no endereço eletrônico: [www.makeyourtime.com.br](http://www.makeyourtime.com.br).

## 5 Cronograma

## Referências<sup>1</sup>

- BLOOM, B. S. The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*, [American Educational Research Association, Sage Publications, Inc.], v. 13, n. 6, p. 4–16, 1984. ISSN 0013189X, 1935102X. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1175554>>. Citado na página 4.
- BRUSILOVSKY, P.; VASSILEVA, J. Course sequencing techniques for large-scale web-based education. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, Inderscience Publishers, v. 13, n. 1-2, p. 75–94, 2003. Citado 3 vezes nas páginas 4, 8 e 9.
- CASTILLO, L. et al. Automatic generation of temporal planning domains for e-learning problems. *Journal of Scheduling*, Springer, v. 13, n. 4, p. 347–362, 2010. Citado na página 9.
- CHALLCO, G. C. *Planejamento instrucional automatizado em aprendizagem colaborativa com suporte computacional utilizando planejamento hierárquico*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2012. Citado na página 9.
- CHALLCO, G. C. et al. Automated instructional design for cscl: A hierarchical task network planning approach. *Expert Systems with Applications*, Elsevier, v. 41, n. 8, p. 3777–3798, 2014. Citado na página 9.
- CHO, B.-I. *Dynamic planning models to support curriculum planning and multiple tutoring protocols in intelligent tutoring systems*. Tese (Doutorado) — Illinois Institute of Technology, 2000. Citado 3 vezes nas páginas 4, 8 e 9.
- GAMBOA, H.; FRED, A. Designing intelligent tutoring systems: a bayesian approach. *Enterprise Information Systems III. Edited by J. Filipe, B. Sharp, and P. Miranda*. Springer Verlag: New York, p. 146–152, 2002. Citado na página 4.
- GARRIDO, A.; ONAINDIA, E.; SAPENA, O. Planning and scheduling in an e-learning environment. a constraint-programming-based approach. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Elsevier, v. 21, n. 5, p. 733–743, 2008. Citado na página 9.
- KAPLAN, R.; DANNY, R. New directions for intelligent tutoring. *AI Expert*, v. 10, n. 2, 1995. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 7.
- MOHAN, P.; GREER, J.; MCCALLA, G. Instructional planning with learning objects. *Knowledge Representation and Automated Reasoning for E-Learning Systems*, Univ. of Koblenz-Landau, p. 52–58, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 9.
- NAU, D. S. et al. Shop2: An htn planning system. *J. Artif. Intell. Res. (JAIR)*, v. 20, p. 379–404, 2003. Citado na página 9.
- PEACHEY, D. R.; MCCALLA, G. I. Using planning techniques in intelligent tutoring systems. *International Journal of Man-Machine Studies*, Elsevier, v. 24, n. 1, p. 77–98, 1986. Citado na página 9.

<sup>1</sup> De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

POLSON, M. C.; RICHARDSON, J. J. *Foundations of intelligent tutoring systems*. [S.l.]: Psychology Press, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 9.

SLEEMAN, D.; BROWN, J. S. *Intelligent tutoring systems*. London: Academic Press, 1982. Citado na página 7.

ULLRICH, C. *Pedagogically founded courseware generation for web-based learning: an HTN-planning-based approach implemented in PAIGOS*. [S.l.]: Springer-Verlag, 2008. Citado na página 9.

VANLEHN, K. The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, Taylor & Francis, v. 46, n. 4, p. 197–221, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 7.

VASSILEVA, J.; DETERS, R. Dynamic courseware generation on the www. *British Journal of Educational Technology*, Wiley Online Library, v. 29, n. 1, p. 5–14, 1998. Citado na página 9.

VASSILEVA, J.; WASSON, B. Instructional planning approaches: From tutoring towards free learning. *Proc. EuroAIED*, v. 96, p. 1–8, 1996. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 9.

WENGER, E. *Artificial intelligence and tutoring systems: computational and cognitive approaches to the communication of knowledge*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1987. Citado na página 7.

WOO, C. W. *Instructional planning in an intelligent tutoring system: combining global lesson plans with local discourse control*. Tese (Doutorado) — Illinois Institute of Technology, 1991. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 7.