

O PAPEL DE UM AMBIENTE COMPUTACIONAL DE ENSINO NA MODELAGEM DE CONCEPÇÕES DOS ALUNOS: O CASO DA SIMETRIA ORTOGONAL

¹Iranete Lima*, ²Hamid Chaachoua

¹Laboratório Leibniz – IMAG, 38031 Grenoble Cedex, France

²MTAH - Laboratório Leibniz – IMAG, 38031 Grenoble Cedex, France

{iranete.lima, hamid.chaachoua}@imag.fr

Resumo. O objetivo deste artigo é apresentar uma modelagem didática e computacional de decisões didáticas. Para isto, escolhemos a plataforma de ensino à distância Baghera, na qual os alunos podem interagir com “agentes humanos” e “artificiais”. Focalizamos, particularmente, a modelagem de decisões a serem usadas pelo agente tutor. Para isto, utilizaremos o quadro teórico do modelo cKç (concepção, conhecimento e conceito). O artigo está organizado da seguinte maneira. Primeiramente, apresentamos uma breve descrição do modelo cKç e de Baghera. Em seguida, um exemplo de como Baghera analisa as soluções dos estudantes e os tipos de informações que são produzidas por esta análise. Finalmente, realizamos uma análise a priori de algumas decisões didáticas que podem ser tomadas a partir dessas informações e algumas estratégias para a introdução de agentes de decisões didáticas na plataforma Baghera.

Palavras-chave: Modelagem Cognitiva Aplicada à Educação, Educação a Distância Mediada por Computador, Ambientes Interativos de Aprendizagem.

Abstract. This paper aims to present both educational and computational modelling of teaching decisions. A distance-learning environment, called Baghera, in which students may interact with "human agents" and "artificial agents" is presented. This paper focus on modelling teaching decisions to be used by the tutor agent. The educational framework of our work is given by the cKç model (conception, knowledge and concept). This article is organized as follows. First of all, we present a brief description of Baghera learning environment. Next, we show an example of how Baghera analyses students' solutions and which kind of information is produced by such analysis. Then, a focus on teaching decisions that Baghera could take based on the analyses of students' solutions. Finally, some strategies that could be incorporated to the tutor agent in order to improve its behaviour inside Baghera environment are presented

Keywords: Cognitive Modelling Applied in Education, Computer Mediated Distance Learning, Interactive Learning Environments

* Bolsista do CNPq.

1. Introdução

Vários trabalhos em didática da matemática destacam o papel do professor na concepção e aplicação de situações de aprendizagem. Na elaboração destas situações, o professor, em geral, toma decisões relacionadas à natureza das questões, ao momento que deve colocá-las aos alunos, à escolha dos problemas, entre outras. Para uma situação de aprendizagem, nós fazemos a hipótese que estas decisões seriam mais eficazes, se o professor tivesse acesso ao estado de conhecimento do aluno naquele momento.

Nós propomos neste artigo, mostrar como algumas novas tecnologias podem auxiliar o professor neste processo de tomadas de decisões. Para isto, escolhemos a plataforma Baghera que está sendo desenvolvida no laboratório Leibniz¹ e a noção matemática simetria ortogonal. A escolha desta noção matemática, foi baseada nos resultados de diversas pesquisas [Hart 1981, Grenier 1988, Tahri, 1993] que mostram a persistência de certas concepções errôneas dos alunos sobre esta noção.

O artigo está organizado da seguinte maneira. Nas seções 2 e 3, apresentamos uma breve descrição do modelo cK ϵ e da plataforma Baghera. Em seguida nas seções 4 e 5, mostramos um exemplo de como Baghera analisa as soluções dos estudantes e os tipos de informações que são produzidas por esta análise e realizamos, também, uma análise a priori de algumas decisões didáticas que podem ser tomadas a partir dessas informações. Finalmente, na seção 6, apresentamos algumas estratégias que poderão servir para a introdução de agentes de decisões didáticas na plataforma Baghera.

2. Quadro Teórico

Para modelar o estado de conhecimento do aluno, utilizamos o modelo cK ϵ “Concepção Conhecimento e Conceito” [Balacheff 1995]. Este modelo nos parece pertinente porque possibilita uma modelagem didática e computacional do estado de conhecimento do aluno. Neste, uma concepção C é caracterizada pelo quádruplo (P, R, L, Σ), onde P é um conjunto de problemas sobre o qual a concepção C é operatória, R é um conjunto de operadores, L é um sistema de representação e Σ é uma estrutura de controle que assegura a não contradição da concepção. Nesse contexto, a aprendizagem é compreendida como a passagem de uma concepção (Ci) à outra (Cj). Consideramos que esta passagem pode ser descrita por uma trajetória que representa os estados intermediários de conhecimentos do aluno.

Um sujeito diante de um problema a resolver, pode dispor de várias concepções sobre uma mesma noção e mobilizar uma ou outra em função do problema proposto. Estas concepções podem ser incompletas, errôneas, ou ainda, localmente ou globalmente verdadeiras, tendo em vista que cada uma delas tem um domínio de validade. Balacheff [2001] citando Bourdieu destaca o paradoxo da co-habitação em um sujeito, observado em diferentes situações, de uma razão racional e de conhecimentos contraditórios. Os elementos explicativos dessa contradição são o tempo e a diversidade de situações. Assim, a ação racional de um sujeito resolvendo um problema, é, localmente, coerente. O autor destaca, porém, que não há transferência natural de uma situação para outra, por mais evidente que pareça o isomorfismo de algumas situações aos olhos de um observador. Com efeito, uma concepção C particular, qualquer que seja, é legítima numa esfera da prática, mas existem problemas que podem revelar a falsidade ou os limites desta concepção, problemas que permitem, melhor que outros, reforçá-la ou, ao contrário, desestabilizá-la.

No seu trabalho de pesquisa, Tahri [1993], abordou a problemática da modelagem de decisões didáticas sobre a simetria ortogonal em um quadro de interação entre um aluno e um ambiente computacional. A organização da seqüência didática estava ancorada em dois tipos de decisões, que tiveram papéis fundamentais na escolha e encaminhamento das situações: as decisões do tipo diagnóstico, que estão ligadas ao estado de conhecimento de um aluno em um dado momento, sobre uma determinada noção e as decisões do tipo *feedback* que podem ser caracterizadas por uma ação do aluno durante a resolução de um problema ou mesmo pelas escolhas feitas por ele.

Tahri propôs um problema de construção da imagem de um segmento dado com relação ao eixo de simetria e classificou os problemas da seqüência em função dos valores de algumas variáveis didáticas. A variável “interseção” do eixo de simetria com o segmento, que podia assumir os valores: o segmento tem

¹ <http://www-baghera.imag.fr/> ; <http://www-leibniz.imag.fr/index.html>

uma extremidade sobre o eixo de simetria, o segmento corta o eixo de simetria, e ainda, não há interseção entre o segmento e o eixo de simetria. A variável “direção” do eixo ou do segmento, que podia assumir os valores: horizontal, vertical ou oblíqua. E, ainda, a variável “ângulo” formado pelo eixo de simetria e o segmento. A partir dos valores destas variáveis e em função do diagnóstico realizado pelos tutores artificiais em colaboração com os tutores humanos, as decisões didáticas foram tomadas de acordo com os seguintes critérios: se o aluno mobilizasse um procedimento correto, uma nova situação-problema era proposta com o objetivo de reforçá-lo, e se o aluno mobilizasse um procedimento errôneo, então, uma nova situação era proposta com a finalidade de desestabilizá-lo.

Como vemos, a modelagem acima descrita, teve como ponto de partida o diagnóstico de procedimentos mobilizados pelos alunos. Nosso trabalho tem a finalidade de dar continuidade a esta modelagem didática e computacional de tomadas de decisões, mas tendo como ponto de partida, um diagnóstico de concepções, segundo o modelo cK ϕ , realizado por Baghera.

3. Plataforma Baghera

Baghera é uma plataforma computacional de ensino à distância destinada, em sua primeira versão, à resolução de problemas de demonstração em geometria (veja figura 1). Esta plataforma é baseada em uma arquitetura multi-agentes formando uma sociedade de agentes humanos e artificiais em interação. É a partir dessas interações que se desenvolvem atividades como a criação e a seleção de problemas, a verificação de uma demonstração fornecida pelo aluno e o diagnóstico de concepções dos alunos. Além disso, dessa interação pode emergir um processo de aprendizagem [Pesty, Webber e Balacheff 2001].

Dois tipos de utilizadores podem interagir neste ambiente: o aluno e o professor. O aluno dispõe de várias ferramentas para construir suas demonstrações, para pedir a verificação automática da sua demonstração ou ainda para estabelecer um diálogo com outros alunos e com professores conectados.

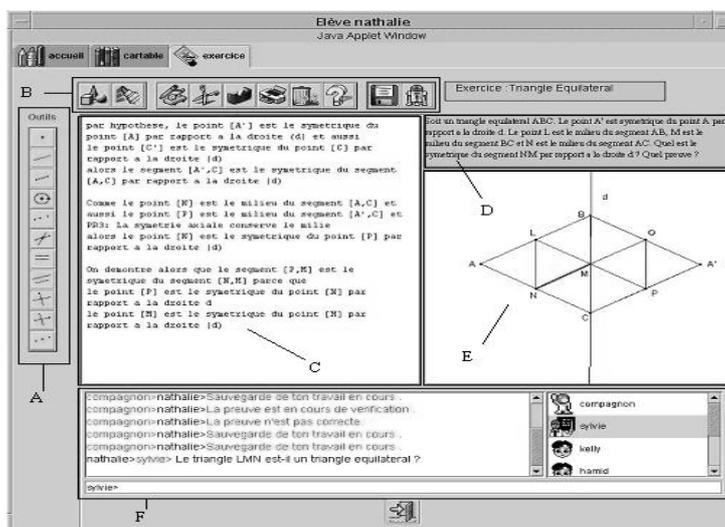
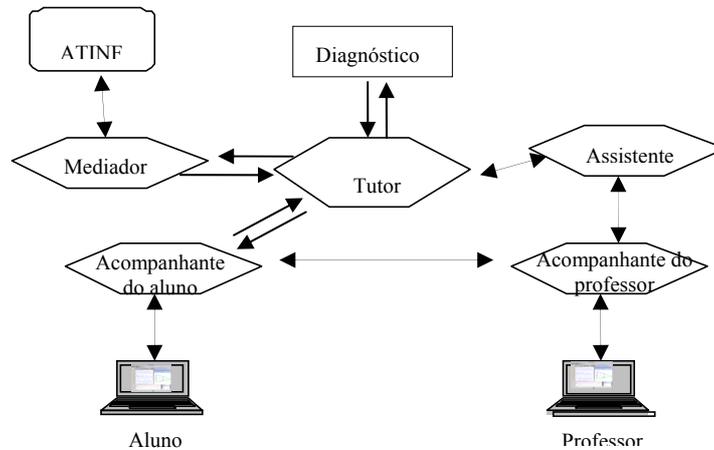


Figura 1. Interface do aluno. A) Palavras-chave da demonstração; B) Barra de edição; C) Área de edição livre; D) Enunciado do problema; E) Figura manipulável; F) Zona de chat para comunicação entre alunos e professores.

A cada aluno estão associados três agentes específicos: um acompanhante, um tutor e um mediador, conforme ilustrado pela figura 2. A função do agente acompanhante é acompanhar e supervisionar o trabalho do aluno. O agente tutor dá um suporte pedagógico, ou seja, envia exercícios ao aluno, coloca novos exercícios na pasta do aluno, pede a verificação da demonstração produzida pelo aluno e ainda solicita o diagnóstico de concepções. O Agente mediador é responsável pela comunicação entre o sistema e o demonstrador automático (ATINF)². Ele transforma a linguagem da prova fornecida pelo aluno numa linguagem compreensível por ATINF e vice-versa.

² <http://www-leibniz.imag.fr/ATINF/home.html>.

Figura 2. Funcionamento dos Agentes em Baghera



Por sua vez, a cada professor está associado dois agentes: um acompanhante e um assistente. O agente acompanhante-professor tem a função de auxiliar o professor, indicando, por exemplo, quem são os alunos e professores que estão conectados naquele momento, enquanto que, o agente assistente tem a função de gerenciar a pasta do professor. O Professor pode propor novos problemas aos alunos, acompanhar suas atividades, comunicar-se com os alunos e com outros professores conectados.

No estado atual de desenvolvimento, o Baghera não pode ainda tomar decisões didáticas. No entanto, nós podemos dispor de um conjunto de informações sobre as quais nos apoiamos para tomar decisões. Entre estas informações podemos citar a descrição do problema tratado, o diagnóstico de concepções do aluno feito por Baghera e uma avaliação de ATINF, que tem a função de identificar as hipóteses corretas utilizadas pelo aluno na demonstração, as hipóteses que faltam, as hipóteses omitidas pelo aluno e, ainda, as afirmações listadas porém não utilizadas pelo aluno. O diagnóstico de concepções é feito a partir do modelo cK ϕ e é realizado pelo método de formação de coalizões, no qual, os agentes do tipo problemas, operadores ou controles, escolhem, a partir de um processo de votos, entre as concepções candidatas, as mais representativas da concepção mobilizada pelo aluno [Webber 2003]. Esse diagnóstico contribui para a determinação do estado de conhecimento do aluno, sobre a noção em estudo, em um dado momento e, conseqüentemente, para a tomada de decisões didáticas no processo de aprendizagem. A seguir, mostraremos o tratamento feito por Baghera da produção de um aluno.

4. Estudo de um exemplo

Nesta seção, apresentaremos um estudo da demonstração de um aluno da *quatrième* no sistema de educação francês³ e o tratamento realizado pelo Baghera.

Problema P1

Seja $[AB]$ um segmento paralelo à reta d e, seja $[A'B']$ simétrico de $[AB]$ em relação à d , com A e B não pertencentes a reta d . Qual é a natureza do quadrilátero $ABB'A'$? Demonstre.

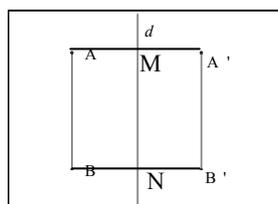


Figura 3. Problema P1

³ A *quatrième* equivale a 7ª série do ensino fundamental (quarto ciclo) no sistema educacional brasileiro.

Ao problema está associado uma descrição em termos de variáveis didáticas: a orientação do eixo de simetria é vertical, a orientação do segmento objeto é, também, vertical, não há interseção entre o eixo de simetria e o segmento, ângulo formado entre eles é 0° e a figura é dada.

Demonstração do aluno

O segmento $[A'B']$ é simétrico de $[AB]$ com relação a d , então os 2 segmentos são paralelos. Por definição $[AA']$ é perpendicular a (d) e $[BB']$ também perpendicular a esta mesma reta, portanto as 2 são paralelas. Portanto no quadrilátero $AA'B'B$: $[AB] // [A'B']$ e $[BB'] \perp [AB]$. Então o quadrilátero $AA'B'B$ é um retângulo.

Esse texto do aluno deu origem ao texto Baghera que apresentamos na tabela 1.

Tabela 1. Texto para Baghera

<p>Como o segmento $[A',B']$ é simétrico do segmento $[A,B]$ com relação a (d) Então o segmento $[A',B']$ é paralelo ao segmento $[A,B]$</p> <p>Como o segmento $[A',B']$ é simétrico do segmento $[A,B]$ com relação a (d) Então o segmento $[A,A']$ é perpendicular a reta (d)</p> <p>Como o segmento $[A',B']$ é simétrico do segmento $[A,B]$ com relação a (d) Então o segmento $[B,B']$ perpendicular a reta (d)</p> <p>Como o segmento $[A,A']$ perpendicular a reta (d); o segmento $[B,B']$ perpendicular a reta (d) Então o segmento $[A,A']$ é paralelo ao segmento $[B,B']$</p> <p>Como quadrilátero (A,A',B',B); o segmento $[A,B]$ é paralelo ao segmento $[A',B']$ o segmento $[A,A']$ perpendicular ao segmento $[A,B]$; Então retângulo (A,A',B',B)</p>
--

A partir desse texto, dois tratamentos são realizados por Baghera : um diagnóstico de concepções do aluno e uma avaliação de ATINF, os quais apresentamos a seguir.

Diagnóstico Baghera

Para a simetria ortogonal, o diagnóstico pode indicar quatro concepções: simetria ortogonal (S_{\perp}), paralelismo (PA), simetria central (SC) e simetria oblíqua (SO) (veja figura 4).

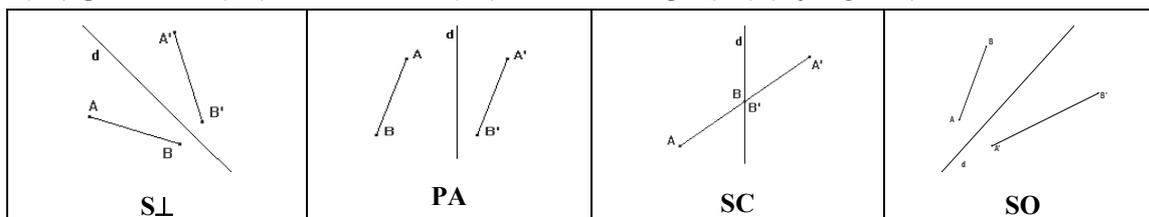


Figure 4. Exemplos de construção do simétrico de um segmento por simetria ortogonal segundo as concepções S_{\perp} , PA, SC e SO.

A partir dos operadores e controles identificados na produção do aluno, os agentes ativam-se e formam coalizões em torno de uma ou mais concepções. Por exemplo, o operador op63 (Si $[AB] \perp d$ et $[CD] \perp d$ então $[AB] // [CD]$) é associado a concepção PA. No exemplo em tratamento, o Baghera forneceu o seguinte diagnóstico (veja tabela 2):

Tabela 2. Diagnóstico Baghera

Agentes ativos ⁴	Coalizões formadas	Diagnóstico
pr4, op63, op69, op95, ct113, ct114	S_{\perp} (op69, ct113, pr4, op95)	S_{\perp} e PA
	PA (op63, ct114, pr4, op95)	

⁴ pr = agente do tipo problema; op = agente do tipo operador ; ct = agente do tipo controle

Para este aluno, o diagnóstico evidencia a manifestação de duas concepções : “Simetria Ortogonal” e “Paralelismo”.

Avaliação ATINF

Na tabela 3, podemos observar a avaliação fornecida pelo verificador automático de prova ATINF. Ele analisa e fornece um resultado de cada passo de prova do aluno, além de fornecer uma avaliação final. Para tanto, ATINF identifica as hipóteses corretas utilizadas pelo aluno; as hipóteses que não foram utilizadas; as hipóteses que não foram explicitadas pelo aluno mas que podem, eventualmente, terem sido utilizadas pelo aluno, as quais denomina “hipóteses omitidas” e, finalmente, as afirmações do aluno que não foram utilizadas na prova.

Tabela 3. Resultado fornecido por ATINF

<p>Simetria axial (segmento(A',B'),segmento(A,B),reta(M,N)) [correto]</p> <p>paralelo(segmento(A',B'),segmento(A,B))</p> <p>Simetria axial (segmento(A',B'),segmento(A,B),reta(M,N))</p> <p>sim_paralelismo1 [hipótese omitida]</p> <p>paralelo (segmento(N,M),segmento(B,A))</p> <p>perpendicular (segmento(A,A'),segmento(M,N))</p> <p>Simetria axial (segmento(A',B'),segmento(A,B),reta(M,N))</p> <p>Simetria axial [hipóteses que faltam]</p> <p>perpendicular (segmento(B,B'),segmento(M,N))</p> <p>perpendicular (segmento(A,A'),segmento(M,N))</p> <p>analogia [correto]</p>	<p>paralelo (segmento(A,A'),segmento(B,B'))</p> <p>perpendicular (segmento(A,A'),segmento(M,N))</p> <p>perpendicular (segmento(B,B'),segmento(M,N))</p> <p>perpendicular [correto]</p> <p>retângulo(A,B,B',A')</p> <p>paralelo (segmento(A',B'),segmento(A,B))</p> <p>perpendicular (segmento(A,B),segmento(B,B'))</p> <p>retângulo [hipóteses que faltam]</p> <p>paralelogramo(A,A',B',B)</p> <p>perpendicular(segmento(B,A),segmento(A,A'))</p> <p>[conclusão provada]</p> <p>[afirmações não provadas]</p> <p>perpendicular (segmento(A,B),segmento(B,B'))</p> <p>[afirmações não utilizadas]</p> <p>perpendicular(segmento(A,A'),segmento(M,N))</p> <p>perpendicular (segmento(B,B'),segmento(M,N))</p> <p>paralelo (segmento(A,A'),segmento(B,B'))</p>
--	---

5. Análise *a priori* de decisões didáticas

A partir do conjunto dessas informações, ou seja, (1)o problema, (2)o texto do aluno, (3)o diagnóstico Baghera e(4) avaliação ATINF, propomos uma modelagem de decisão didática.

No caso deste exemplo, o diagnóstico Baghera mostra a manifestação de duas concepções: simetria ortogonal e paralelismo. Como este diagnóstico não é preciso, uma primeira decisão que pode ser tomada é de afinar o diagnóstico (decisão 1). Para isto é necessário propor ao aluno um “bom” problema que permita uma definição no diagnóstico. Se após a resolução do novo problema, a concepção simetria ortogonal (concepção correta) for confirmada, pode-se fazer a interpretação de que o aluno considera implicitamente o paralelismo do segmento [AB] com o eixo d. Nesse caso, temos, ao menos, duas possibilidades de decisão: não propor nada ao aluno (decisão 0), ou propor situações para reforçar a concepção (decisão 2). Se a concepção confirmada for paralelismo (concepção errônea), então, será necessário construir uma seqüência de situações, para fazer evoluir esta concepção errônea até à correta, ou seja, suscitar um processo de aprendizagem (decisão 3).

Decisão 1 : afinar o diagnóstico

Várias opções são possíveis para afinar o diagnóstico. Uma possibilidade é propor um problema que tenha uma certa semelhança com o problema precedente. Pode-se caracterizar esta semelhança pela natureza do problema, pela natureza dos elementos do problema, ou ainda, pela relação entre estes elementos. No processo de escolha do novo problema, devemos levar em conta a análise do diagnóstico precedente e também as características do problema tratado (Problema P1). No nosso exemplo observamos que a variável didática “posição do segmento $[AB]$ com relação ao eixo de simetria” parece ter um papel fundamental.

Analisando a resposta do aluno, podemos fazer duas hipóteses. A primeira é de que o aluno pode ter utilizado o operador "se $[A'B'] = \text{Sim}([AB], d)$ e $(AB) // d$, então $[A'B'] // [AB]$ ", porém, utilizando a hipótese $(AB) // d$ implicitamente. A segunda hipótese é de que o aluno utilizou outro operador "se $[A'B'] = \text{Sim}([AB], d)$ então $[A'B'] // [AB]$ ". Na primeira hipótese, a demonstração estaria correta e na segunda, poderíamos identificar a concepção paralelismo. Neste último caso, seria necessário propor problemas fora do domínio de validade desta concepção, ou seja, problemas onde o segmento dado não fosse paralelo ao eixo de simetria. Assim, propomos o problema P2 que é uma adaptação do problema P1.

Problema P2

Seja o segmento $[AB]$ não paralelo e não secante a reta d . Seja $[A'B']$ simétrico de $[AB]$ com relação a d . Qual é a natureza do quadrilátero $ABB'A'$? Demonstre.

Análise a priori do problema P2

No caso da figura não ser dada com o enunciado, podemos esperar três tipos de respostas: R1, o quadrilátero é um trapézio; R2, o quadrilátero é um paralelogramo; R3, o quadrilátero é um trapézio isósceles. A resposta R1 (veja figura 5), o quadrilátero é um trapézio, pode ser prototípica da simetria oblíqua e neste caso o aluno poderá utilizar o operador : "se $[A'B'] = \text{Sim}([AB], d)$ então $[AA'] // [BB']$ ".

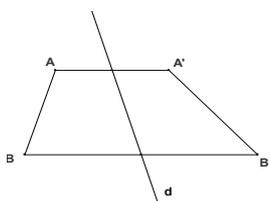


Figura 5. Resposta R1 do Problema P2

A resposta R2, o quadrilátero é um paralelogramo, pode ser considerada como a manifestação de duas concepções: simetria central e simetria paralelismo. Nos dois casos o aluno pode utilizar o operador "se $[A'B'] = \text{Sim}([AB], d)$ então $[A'B'] // [AB]$ ". A partir deste tipo de resposta e de argumentação não podemos afirmar, ainda, qual das duas é a verdadeira concepção do aluno, no entanto, a ordem dos pontos (A, A', B, B') que o aluno utilizar é uma importante informação para esta identificação. A resposta R3 (veja figura 6), o quadrilátero é um trapézio isósceles, pode ser a manifestação da concepção simetria ortogonal, mas também, da concepção simetria oblíqua, tendo em vista que a primeira pode ser considerada como um caso particular da segunda. Os operadores mobilizados pelo aluno na demonstração, serão quem, de fato, poderão permitir a confirmação de uma delas, uma vez que podem explicitar se o aluno considera a perpendicularidade existente entre o eixo de simetria (d) e os segmentos $[AA']$ e $[BB']$ ou não.

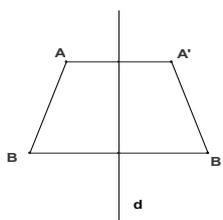


Figura 6. Resposta R3 do Problema P2

Após esta primeira análise, observamos a complexidade de um diagnóstico de concepções. Certamente, não é suficiente escolher um problema fora do domínio de concepção errônea, neste caso da concepção paralelismo, para afinar o diagnóstico. Nos encontramos aqui, mais uma vez, diante de uma situação que precisa ser diagnosticada (veja tabela 4).

Tabela 4. Diagnóstico do Problema P2 e novo diagnóstico do problema P1

Resposta do problema P2	Diagnóstico P2	Novo diagnóstico P1
R1 : é um trapézio	Simetria Obliqua	Não podemos concluir
R2 : é um paralelogramo	Simetria Central Simetria Paralelismo	Não podemos concluir Simetria Paralelismo
R3 : é um trapézio isósceles	Simetria Ortogonal Simetria Obliqua	Simetria Ortogonal Não podemos concluir

No entanto, se juntarmos ao problema P2 uma figura na qual o eixo de simetria não é vertical (veja figura 7), poderemos avançar neste diagnóstico. Neste caso propomos o problema P3.

Problema P3

Seja $[AB]$ um segmento não paralelo e não secante a reta d e seja $[A'B']$ simétrico de $[AB]$ em relação a d . Qual é a natureza do quadrilátero $ABB'A'$? Demonstre.

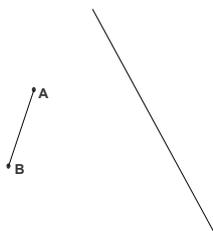


Figura 7. Problema P3

A partir do diagnóstico do problema P3, teremos um novo diagnóstico para o problema P1 que poderá definir, de maneira pontual, tendo em vista que estamos analisando uma única situação, qual a concepção do aluno sobre a simetria ortogonal. Uma vez de posse de um diagnóstico preciso, três decisões didáticas podem ser tomadas. Como dissemos anteriormente, no caso da concepção correta, podemos tomar a decisão de parar o processo ou mesmo de reforçá-la. No caso de uma concepção errônea, podemos tomar a decisão de desestabilizá-la.

Modelagem de decisão didática

No exemplo estudado, tratamos localmente a questão da tomada de decisões e a partir de uma produção do aluno, examinamos algumas decisões locais que podem ser tomadas. Esse tratamento local, apesar de necessário, não é suficiente para garantir a melhor decisão. Por exemplo, qual seria a melhor decisão a tomar se, no caso estudado, o diagnóstico confirmado fosse a concepção correta, não propor nada ou propor problemas que reforçassem esta concepção? Neste caso, considerar a história do aluno pode auxiliar no processo de tomadas de decisões. Outro aspecto a considerar é que, numa demonstração, os alunos podem omitir algumas informações importantes, considerando que elas são óbvias na sua resposta. A estas informações nós chamamos implícitos. Numa situação de sala de aula, o professor aceita certos implícitos e outros não. Estas decisões fazem parte das regras que existem entre o professor e o aluno que podem ser caracterizadas pelo contrato didático [Brousseau 1998]. A seguir, ilustramos com dois exemplos, dois níveis diferentes do que chamamos implícitos.

Exemplo 1: a ordem dos pontos na aplicação da recíproca do teorema de Tales, nunca é exigida pelo professor visto que ele admite uma leitura sobre o desenho. Exemplo 2: pode-se aceitar que um aluno do ensino médio aplique um teorema sem explicitar todas as hipóteses, no entanto, o mesmo tratamento não é evidente para um aluno do terceiro ciclo do ensino fundamental. O exemplo 1, mostra

uma prática aceitável pelos professores independentemente do nível escolar, enquanto que, no exemplo 2, a expectativa do professor muda dependendo do nível escolar do aluno. Nós vemos, a partir destes exemplos que a gerência dos implícitos é importante para a interpretação das produções dos alunos e, esta constatação, nos leva a introduzir o que chamamos história do aluno e que representa a “memória didática” do professor sobre o trabalho já realizado por um determinado aluno com relação à uma noção estudada por Brousseau e Centeno [1991]. Estes autores estudaram, em particular, as características pertinentes ao passado dos alunos, com relação ao conhecimento em jogo, as quais os professores levavam em conta para tomarem decisões didáticas. Considerando esta abordagem, estamos diante de duas questões: como construir a história do aluno e como utilizá-la para a tomada de decisões.

6. Introdução de agentes de decisões didáticas na plataforma Baghera

Nesta seção, apresentamos alguns elementos que poderão integrar o modelo de decisões didáticas na plataforma Baghera, considerando um quadro de cooperação entre um agente tutor e um agente humano, isto porque, como dissemos na seção 3, no estado atual de desenvolvimento de Baghera, ainda não é possível fazer uma modelagem didática e computacional de decisões, apenas com o agente tutor.

Consideramos dois tipos de comandos entre o agente humano e do agente tutor. O Comando "diagnóstico", no qual o agente tutor diagnostica um estado de conhecimento do aluno, em um dado momento sobre um noção. E o Comando de “aprendizagem”, onde uma seqüência didática deve ser aplicada com a finalidade de fazer evoluir a concepção do aluno, caracterizando assim, um processo de aprendizagem. Para responder a estes comandos, o agente tutor executará ações e tomará decisões. As ações do agente tutor devem ser realizadas de forma sistemática toda vez que houver uma solicitação do sistema ou mesmo do tutor humano. Para que o agente tutor tome decisões, nós supomos que é necessário que ele encontre-se diante de uma situação onde várias ações são possíveis e que ele possa fazer escolhas. Neste nível, consideramos que a didática poderá fornecer elementos importantes para seja que efetuada uma escolha precisa. A seguir, examinaremos algumas das principais ações e decisões do agente tutor.

Ação "Construção da História do Aluno"

Cada problema tratado pelo aluno é caracterizado por um conjunto de elementos que chamamos de “descrição do problema”. Esta descrição é relativa à noção estudada e, em particular, às variáveis didáticas consideradas no problema. Uma vez resolvido o problema pelo aluno, um conjunto de ações são realizadas para construir a história do aluno, sendo estas relativas a cada uma das noções associadas ao problema em tratamento. Entre essas ações destacamos o diagnóstico efetuado em termos de concepções e a determinação dos implícitos. Assim, a história do aluno (e) é construída, considerando-se um instante (T), com relação a uma noção (O), ou seja, $Hist(e, O, T)$. Definimos, então, a história do aluno até um momento T , como a união das $Hist(e, O, T)$ por O , descrevendo o conjunto de noções matemáticas abordadas, o que representamos pela equação: $Hist(e, T) = \bigcup_O Hist(e, O, T)$.

Decisões do Agente Tutor

Nós distinguimos duas categorias de decisões. As macrodecisões que estão relacionadas a duração do processo e podem ser associadas a comandos do agente humano. Por exemplo, a um comando de “aprendizagem de uma noção”, o agente tutor será levado a tomar macrodecisões como diagnosticar o estado de conhecimento prévio do aluno ou escolher novos problemas para o diagnóstico, etc. A segunda categoria, é das microdecisões que correspondem às decisões locais que o agente tutor deverá tomar. Por exemplo, na fase de diagnóstico, o agente tutor pode decidir afiná-lo ou mesmo de tratar os implícitos deste diagnóstico.

No comando de diagnóstico, o agente humano pede ao agente tutor para fazer um diagnóstico de concepções de um aluno com relação a uma noção. Neste tipo de decisão deve-se levar em conta o nível escolar, a finalidade do trabalho (aprendizagem, diagnóstico, etc.) e a história do aluno. Em alguns casos, o agente tutor pode decidir reenviar a tarefa ao agente humano, com eventualmente um relatório e sugestões (dependendo de cada caso tratado), que poderão auxiliá-lo no processo.

No comando de “Aprendizagem”, o agente humano pede ao agente tutor para aplicar uma seqüência de aprendizagem sobre um determinado objeto de ensino (O). Este comando pode ser feito a partir de um “diagnóstico” sobre o qual o agente tutor se apoiará. Mas, este mesmo comando poderá ser

solicitado antes de ser realizado um diagnóstico. Neste caso, é o próprio agente tutor que tomará a decisão de realizá-lo. Desta forma, o ponto de partida será sempre um diagnóstico de concepções do aluno sobre o Objeto O. É a partir destas concepções diagnosticadas, e às vezes a despeito delas, que será encaminhada a aprendizagem. A questão em estudo no momento⁵ é saber qual ou quais problemas deverão ser propostos para fazer o diagnóstico e, também, para encaminhar o processo de aprendizagem.

7. Conclusão

Neste trabalho, utilizamos a plataforma de ensino à distância Baghera para a realização de um diagnóstico de concepções de alunos sobre a simetria ortogonal. Começamos estudando as decisões didáticas tomadas localmente, ou seja, a partir do tratamento de uma resolução de problema pelo aluno. Confrontamos rapidamente a interpretação de alguns diagnósticos e certas dificuldades que encontramos para tomar decisões, em parte, devidas à questão dos implícitos que relacionamos às regras do contrato didático. Para superar estas dificuldades, nos inspiramos no trabalho de Brousseau e Centeno [1991], sobre a memória didática, introduzindo a história do aluno. Esta memória é construída e gerenciada pelo agente tutor para o tratamento dos implícitos e para a tomada de decisões didáticas. Assim, as análises locais, como o diagnóstico de concepções em um determinado momento, podem contribuir para a construção da história do aluno. Este tratamento local é pertinente na medida em que viabiliza uma análise global sobre um conjunto de problemas, em um determinado espaço tempo, desencadeando um processo de tomada de decisões. Nós consideramos que este jogo entre o local e o global é fundamental no nosso estudo porque introduz a complexidade na modelagem didática e informática de concepções dos alunos sobre uma determinada noção.

Referências Bibliográficas

- Balacheff, N. (2001) Les connaissances, pluralité de conceptions. Le cas des mathématiques. Les cahiers du laboratoire Leibniz, n° 19.
- Balacheff, N. (1995) Conception, connaissance et concept. In : *Denise Grenier (ed.) Séminaire Didactique et Technologies cognitives en mathématiques* (pp.219-244). Grenoble : IMAG.
- Brousseau, G. (1998) *Théorie des Situations Didactiques*, La Pensée Sauvage, Grenoble.
- Brousseau G, Centeno, J. (1991) Rôle de la mémoire didactique de l'enseignant. *Recherches en didactique des mathématiques*, 11 (2/3), 167-210.
- Grenier, D (1988). *Construction et étude du fonctionnement d'un processus d'enseignement sur la symétrie orthogonale en sixième*. Thèse d'Université, Université Joseph Fourier, Grenoble.
- Hart, K. M. (1981) *Children's understanding of mathematics*: 11 - 16. Alden Press, Oxford, London
- Pesty, S., Webber, C., Balacheff, N. (2001) Baghera : une architecture multi-agents pour l'apprentissage humain. In: *Agents Logiciels, Cooperation, Apprentissage et Activité Humaine ALCAA 2001*, Biarritz, France. pp.204-214.
- Tahri, S. (1993) Modélisation de l'interaction didactique : un tuteur hybride sur CABRI_GEOMETRE pour analyse de décisions didactiques. *Thèse d'Université*, Université Joseph Fourier, Grenoble, 1993.
- Webber, C. (2003). Modélisation Informatique de l'apprenant - une approche basée sur le modèle cK ϕ et la théorie de l'émergence. *Thèse d'Université*, Université Joseph Fourier, Grenoble.

⁵ A relação dual que pode existir entre um conjunto de problemas e um conjunto de concepções é um dos principais eixos de estudo da tese de Iranete Lima, em andamento.