

# DIDÁTICA E CONCEPÇÃO DE DISPOSITIVOS INFORMÁTICOS EDUCACIONAIS

**Saddo Ag Almouloud**

Departamento de Matemática da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
e Departamento de Matemática da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras  
do Centro Universitário Fundação Santo André

saddoag@pucsp.br

## RESUMO

Este artigo descreve a didática e concepção dos dispositivos de informática aplicados à Educação, visando a discutir a modelagem dos conhecimentos, de modo a apresentar a ferramenta *Cabri-Gèomètre* e implementações com micromundos e tutoriais.

**Palavras-chave:** modelagem de conhecimento, tutoriais, micromundos, *Cabri-Gèomètre*.

## ABSTRACT

This article describes the didactics and conception of the devices of computer science applied to the Education aiming at to argue the modeling of the knowledge, presenting the *Cabri-Gèomètre* tool and implementations with tutorial and microworlds.

**Keywords:** modeling of the knowledge, tutorial, microworlds, *Cabri-Gèomètre*.

## I. INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA) tem por objetivo a concepção e a realização de dispositivos informáticos (ou seja, o dispositivo formado por materiais e *softwares* que fazem com que o computador seja operacional) inteligentes. Este objetivo leva em consideração os aspectos teóricos de modelagem operacional dos conhecimentos: uma modelagem permite a ação, a comunicação e o controle, o que necessita de uma identificação clara do que é o conhecimento e do que se pode representar explicitamente, levando em consideração as exigências de uma modelagem compatível. Segundo N. Balacheff (1994), um modelo simbólico é compatível “se ele é acessível por manipulação efetiva, (...), por um operador diferente do autor”. A computação pode ser definida como o tratamento de símbolos, o cálculo numérico sendo uma categoria particular.

Um dos objetivos da IA na área da didática é que o computador seja capaz de criar condições favoráveis à construção, pelo aluno, de conhecimentos aceitáveis de acordo com o objetivo do ensino. Mas Balacheff (1994) indagou-se sobre a representatividade dos conhecimentos no ambiente computacional: como representar os conhecimentos? Para qual finalidade? Qual representação de conhecimentos elaborar para a modelagem computacional do processo cuja finalidade é a aprendizagem humana?

Os primeiros projetos de IA consideravam o ensino como um terreno de aplicação antes de ele ser um campo de pesquisa. Foi nessa época que nasceu o projeto Logo (PAPERT, 1980), um dos mais importantes projetos com especificidades teóricas que levam em conta explicitamente a Matemática.

## 2. REPRESENTAR O CONHECIMENTO

### 2.1. Epistemologia e IA

A dimensão epistemológica da IA é o estudo dos fatos do mundo que estão à disposição de um observador em dadas circunstâncias de observação, de como esses fatos podem ser representados no ambiente computacional, e das regras que permitem validar as conseqüências desses fatos. Balacheff (1994) acrescentou mais questões sobre o assunto, tendo em vista uma problemática didática: com um computador propondo uma representação do mundo e seu funciona-

mento, quais relações essa representação e seu desenvolvimento têm com o mundo representado? Que conseqüências essa representação pode ter sobre as aprendizagens que decorrem da interação com um sistema informático?

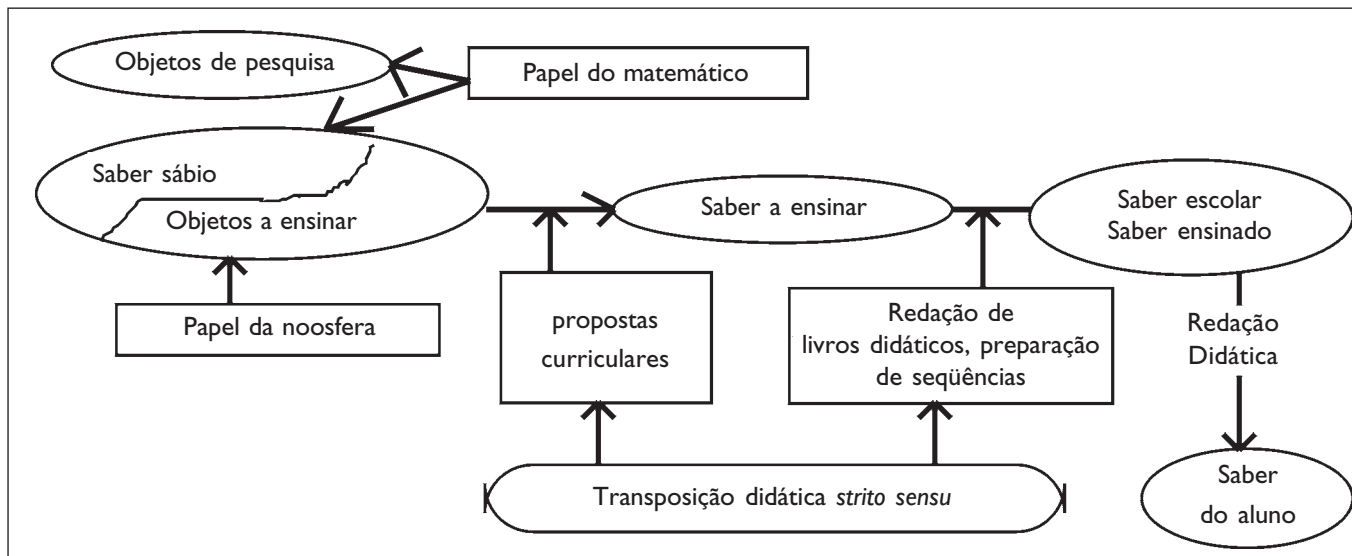
A IA deve levar em consideração o fato de que toda representação tem propriedades herdadas das escolhas de modelagem que foram feitas e das características dos meios semióticos retidos. Além disso, como dispositivo material, o computador impõe um conjunto de exigências que vão exigir transformações apropriadas, e que facilitem a implementação da representação escolhida. Balacheff (1994) falou de **transposição informática** para designar o trabalho sobre o conhecimento, que permite sua representação simbólica e o desenvolvimento dessa representação num dispositivo informático. No contexto das Tecnologias de Informação e Comunicação Aplicadas à Educação, essa transposição é importantíssima e significa de fato uma contextualização do conhecimento, contextualização esta que pode ter conseqüências importantes sobre os resultados das aprendizagens.

### 2.2. Transposição didática e transposição informática

Yves Chevallard (1991) definiu a transposição didática como “o conjunto de transformações por que passa um saber sábio a fim de ser ensinado”. Por meio desta definição, distingue-se bem “o saber sábio” do “saber ensinado”.

A criação de objetos do ensino é o resultado de um processo complexo de adaptação de saberes de referência aos sistemas didáticos, levando em consideração as exigências do ensino e da aprendizagem. Esse processo da transposição didática (CHEVALLARD, 1982) conduz à criação de objetos originais para suas caracterizações e seus funcionamentos próprios. O desenvolvimento das tecnologias informáticas, a introdução dessas tecnologias na escola e os ambientes de formação são geralmente acompanhados de fenômenos do mesmo tipo que os relacionados com a **transposição didática**.

Além da problemática da transposição didática, temos a da modelagem e da implementação informática: problemática de um modelo compatível, exigências e limitações de linguagem informática e da máquina computacional.



**Figura 1:** Transposição didática

Os ambientes informáticos de aprendizagem resultam de uma construção que é o lugar de “novas transformações” dos objetos do ensino. Balacheff (1994) chamou esse processo de **transposição informática**. Para ilustrar nossos comentários, consideramos dois aspectos ligados à representação informática dos conhecimentos matemáticos: a interface e a visualização.

A interface é o lugar da “visualização” e da “manipulação direta” de entidades abstratas que permitem ver comportamentos reveladores de suas propriedades.

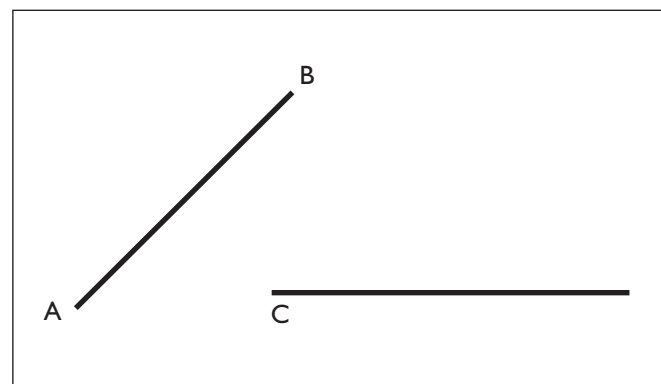
Em Matemática, a visualização é utilizada de modo natural para as representações gráficas de funções; na Geometria, para o traçado de figuras, mas também para exibir raciocínios sob a forma de gráficos de inferência.

Os sistemas de representações tendo suas características próprias, o universo interno e a interface combinam efeitos geradores de fenômenos não-intrínsecos às entidades representadas.

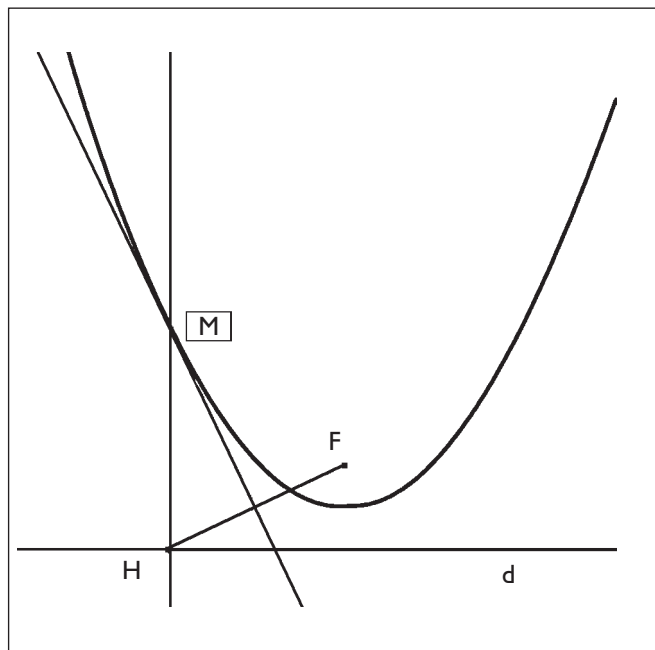
Por exemplo, o micromundo de geometria elementar *Cabri-Géomètre* permite visualizar os objetos da Geometria e manipulá-los. Esses objetos têm uma representação composta de um conjunto de *pixels* que pode influir na qualidade dos desenhos (Figura 1). Os limites da interação, apoiando-se na percepção, são susceptíveis de ter conseqüências sobre a aprendizagem, e elas podem ser também fontes de rica problematização de conceitos matemáticos.

A manipulação direta introduz uma dimensão perceptivo-gestual nos meios possíveis de comunicação. Em Matemática, sua contribuição é bastante significativa para a manipulação de representações gráficas. Assim, no *Cabri-Géomètre*, a manipulação de figuras permite observar suas deformações e, eventualmente, suas propriedades geométricas a partir da manipulação de objetos de “desenho-cabri”.

Essas interfaces necessitam da gestão dos problemas que dizem respeito ao comportamento dos objetos implementados, mas também da gestão dos modelos matemáticos subjacentes. Por exemplo, no *Cabri-Géomètre*, precisa-se decidir do comportamento de um ponto qualquer de um segmento no momento da manipulação de uma das suas extremidades. Assim, a questão “qual é o lugar geométrico de um ponto qualquer?” se torna interessante.



**Figura 2:** Dois segmentos desenhados usando *Cabri-Géomètre II*



**Figura 3:** Lugar geométrico de M quando H se desloca na reta d

O problema da transformação dos conhecimentos nos processos de representação é essencial, pois os fenômenos que lhe são associados são susceptíveis de combinarem-se aos problemas relacionados com a **transposição didática**. De acordo com Balacheff (1994), o problema da **transposição informática** é o do domínio de validade epistemológica dos dispositivos informáticos concebidos para a aprendizagem humana.

### 2.3. Transposição didática e novos objetos

O estudo das conseqüências dos processos em jogo na concepção e na criação de programas educacionais é o da problemática da transposição didática, porque o trabalho subjacente a esses processos remete à questão da ecologia dos saberes ensinados, e também porque conduz à explicitação dos conteúdos do ensino, e à criação de novos objetos do ensino.

Concordamos com Balacheff (1994) quando ele afirmou que a algoritmização computacional dos objetos do ensino para sua inscrição num dispositivo informático para fins educacionais não é o resultado de um processo simples de tradução de uma representação para outro, mas é o de um verdadeiro processo de modelagem, o que precisa de uma teorização dos objetos de ensino e de sua condição de existência. Transposição informática e

transposição didática não podem ser separadas facilmente, se bem que seja útil fazê-lo para organizar as pesquisas. O estudo simultâneo da transposição didática e da transposição informática, examinando suas relações e especificidades, é um dos objetivos epistemológicos da cooperação entre a Inteligência Artificial e as pesquisas em didática no campo das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs).

### 2.4. Domínio de validade epistemológica

O problema relacionado com a transposição informática é o do **domínio de validade epistemológica** dos dispositivos informáticos para a aprendizagem humana. O problema da caracterização desse domínio é o da caracterização das concepções dos alunos. Um ponto de partida pode ser o seguinte: o domínio de problemas ao qual o ambiente dá acesso, as características funcionais e semióticas da interface, a coerência interna e a tolerância do dispositivo. Estas características podem, de maneira profunda, determinar o que seria o tipo de saber/conhecimento que será construído pelo aluno.

Trata-se de saber quais aprendizagens seriam potencialmente possíveis, mas também de responder à questão relacionada como o processo didático em sala de aula e com a validade do dispositivo informático no sistema didático (CHEVALLARD, 1991).

### 3. MODELO DO ALUNO

Este parágrafo trata do aluno na interação com o dispositivo informático segundo o ponto de vista de Balacheff (1994). O cálculo das interações de uma TIC se apóia necessariamente na identificação e na interpretação dos comportamentos do aluno, observados em interação com o dispositivo informático. O modelo do aluno é o produto de uma função diagnóstica para a qual Balacheff (apoiando-se em trabalhos anteriores) distingue dois níveis: nível **comportamental** e o nível **epistêmico**. O trabalho do pesquisador em educação das disciplinas comporta a constituição de um conjunto de dados observados, dentre os quais aqueles chamados de “comportamentos” do aluno. A análise desses comportamentos permite identificar um modelo dos conhecimentos de um aluno. Esse modelo é uma construção teórica do pesquisador, e não o que está efetivamente “na cabeça” do aprendiz.

Precisamos distinguir claramente o nível de constituição dos dados observados e os resultados dos saberes de uma aprendizagem. Por isto, Balacheff (1994) destacou, de um lado, o nível comportamental que agrega os comportamentos do aluno como organização dos dados observados e, por outro lado, um nível epistêmico, no qual devemos buscar um significado para esses comportamentos.

Segundo o autor, o modelo comportamental exige um primeiro nível de interpretação, o da organização da realidade “observada”. O nível epistêmico necessita de um trabalho de interpretação sobre dados produzidos no nível comportamental – esse trabalho é modelado por uma função classicamente chamada diagnóstica. O nível epistêmico permite decidir se o aprendiz tem uma concepção correta ou não de um conceito.

Com o esquema abaixo, Balacheff ilustrou o paralelismo que existiria entre o agente humano e o agente artificial.

Este esquema coloca em evidência a relação entre os dois modelos comportamentais, interno e externo. Ainda segundo autor, digamos que exista homomorfismo de comportamentos se, para o observador no universo externo, o modelo interno permite “jogar de novo” a sessão do aprendiz de modo fiel em relação ao modelo externo, isto é, se o modelo comportamental construído

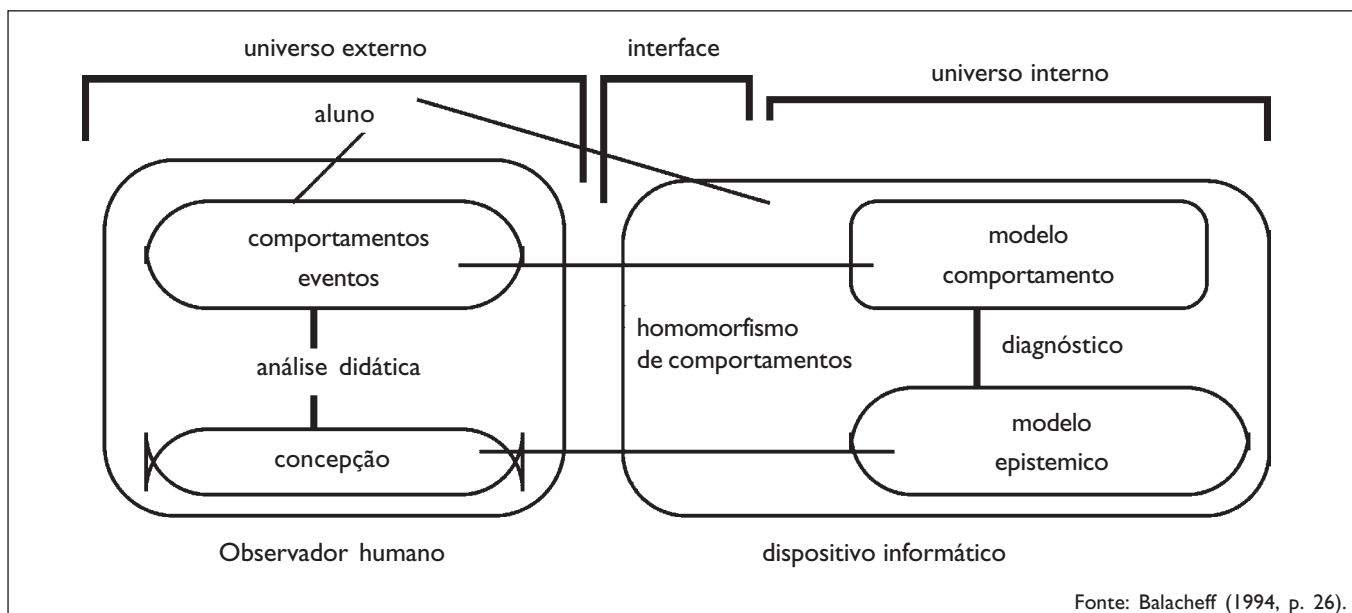
pela máquina permite evidenciar os resultados e a organização dos comportamentos.

A relação entre o modelo epistêmico e o construído (concepção) pelo pesquisador constitui, segundo Balacheff (1994), um epistemorfismo, se essa relação mostra que o modelo epistêmico construído pela máquina está de acordo com as propriedades estruturais e conceituais descritas nas concepções atribuídas ao aluno pelo pesquisador.

#### 4. MODELO DA INTERAÇÃO DIDÁTICA

Para manter uma interação pertinente que favoreça uma iniciativa real do aluno, a máquina deve ter a capacidade de levar em conta as intenções do aluno e as concepções que sustentem suas ações. É preciso conhecer muito bem as concepções que podemos atribuir aos alunos, tendo em vista os conteúdos em jogo e as tarefas que lhes são propostas.

Os sistemas tutoriais não deixam bastante iniciativa aos alunos. A construção dos tutoriais apóia-se em dois paradigmas: o dialogo tutorial e o acompanhamento dedutivo de uma resolução de problema que não tolera erros (retroação imediata com eventual indicação da solução). Neste último caso, o tutorial segue passo a passo a estratégia do aluno e lhe proíbe



Fonte: Balacheff (1994, p. 26).

Figura 4



as ações ilícitas ou aquelas que poderiam conduzir às soluções não-previstas.

Ao contrário, os micromundos deixam “toda” a iniciativa ao aluno, tendo em vista as limitações sintáticas e léxicas da comunicação.

A aprendizagem com tutoriais pode ser comparada a um acompanhamento passo a passo das reações particulares do tutorial, sem que essas reações envolvam necessariamente os conhecimentos visados. Para os micromundos, a natureza e o conteúdo das aprendizagens eventuais não podem ser decididos de antemão.

A idéia dos micromundos é fornecer ao aluno um conjunto de objetos elementares e um conjunto de ferramentas primitivas, a partir dos quais ele pode construir objetos mais complexos no momento da execução da tarefa. Podemos, então, considerar que o micromundo se desenvolve junto com a evolução do aluno na resolução do problema. Um micromundo pode ser caracterizado pela articulação de um sistema formal e de um domínio “fenomenológico”:

- o sistema formal é constituído de objetos primitivos, de operações elementares e regras que determinam como os objetos e operadores podem ser manipulados;
- o domínio “fenomenológico” determina o tipo de *feedback* que o micromundo pode produzir em função das decisões e ações do usuário. Os objetos e operadores do sistema formal são relacionados com os fenômenos da interface do dispositivo informático.

O *Cabri-Géomètre*, por exemplo, a partir de objetos elementares (pontos, retas etc.) e de primitivas de construção (ponto, retas etc.), permite a construção de uma figura cujas propriedades se manifestarão a partir de invariantes perceptivos na manipulação direta de seus componentes básicos.

Essa caracterização possibilita, pela possibilidade de evolução simultânea do micromundo e do usuário,

a criação de objetos ou operações complexas (os procedimentos de logo, ou as “macroconstruções” de *Cabri-Géomètre*), a partir dos objetos primitivos e operações elementares.

Um micromundo oferece ao aluno um ambiente rico, mas não pode sozinho garantir uma determinada aprendizagem. Para realizar esse objetivo, o micromundo deve ser incluído num dispositivo didático. São as características desse ambiente que garantirão a aprendizagem esperada. Em particular, o professor pode colocar à disposição do aluno ferramentas específicas sob a forma de procedimentos predefinidos (por exemplo, certas macroconstruções no caso de *Cabri-Géomètre*).

Uma utilização bem pensada do tutorial pode permitir uma aprendizagem possível de ser validada pelos resultados e comportamentos na resolução de uma prova, mas não garante o significado dessas aprendizagens. Uma primeira razão, de acordo com Balacheff (1994), é que o aprendiz não tem a oportunidade de explicitar sua compreensão dos objetos manipulados; o tutorial é centrado no conhecimento de referência mais do que no conhecimento que poderia ser potencializado ao aluno. Uma segunda razão é que a aprendizagem mediante tutoriais pode conduzir ao favorecimento de certas estratégias em relação a outras mais eficazes para resolver um problema proposto.

A consideração dessas limitações motivou o desenvolvimento de pesquisas para a construção de ambientes que permitam um melhor equilíbrio entre os tutoriais e os micromundos. Melhor equilíbrio no sentido de que as decisões da interação não sejam tomadas a partir de um determinado modelo, mas dependam de critérios que levem em conta a complexidade do objetivo da aprendizagem, as concepções do aprendiz e as potencialidades do ambiente computacional que possibilitem a evolução dos processos de aprendizagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AG ALMOULOU, Saddo & GIORGIUTTI, Italo. “Defi: Outil didactique et d’aide à la recherche en EIAO”. *Recherches en didactique des mathématiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage, vol. 14/1.2, p. 139-164, 1994.

ARSAC, Gilbert *et al.* *La transposition didactique en mathématiques, en physique, en biologie*. Irem de Lyon, Lirdis, 1989.

BALACHEF, Nicolas. “Didactique et intelligence artificiel”. *Recherches en didactique des mathématiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage, vol. 14/1.2, p. 9-42, 1994.

\_\_\_\_\_. “La transposition informatique”. *Note sur un nouveau probleme pour la didactique. Vingt ans de didactique des mathématiques en France*. RDM, La Pensée Sauvage Editions, 1994b.

CHEVALLARD, Yves & JOSHUA, Marie-Albert. “Un exemple de la transposition didactique: la notion de distance”. RDM Grenoble: La Pensée Sauvage, vol. 3, n, 1, s/p, 1982.

\_\_\_\_\_. *La transposition didactique*. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1991.

GRAS, Régis & AG ALMOULOU, Saddo. “Le temps, analyseur de comportements d’élèves dans l’environnement Defi”. *Recherches en didactique des mathématiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage – Editions, vol. 14/1.2, p. 251-274, 1994.

LABORDE, Colette & CAPPONI, Bernard. “Cabri-Géomètre constituant d’un milieu pour l’apprentissage de la notion de figure géométrique”. *Recherche en Didactique des Mathématiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage – Editions, vol. 14, n. 1.2, p. 165-210, 1994.