



Ministério da Educação
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
Reg.: 120.2.095–2011 – UFVJM
ISSN: 2238-6424
Nº. 02 – Ano I – 10/2012
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

Ciências Cognitivas, modelagem computacional e tecnologias educacionais

Prof. Dr. Leonardo Lana de Carvalho
Professor da Faculdade Interdisciplinar em Humanidades da Universidade
Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Campus JK – Diamantina – MG – Brasil
E-mail: leonardolana.carvalho@ufvjm.edu.br / lanadecarvalholeonardo@gmail.com

Resumo: As Ciências Cognitivas são um domínio interdisciplinar envolvendo áreas do conhecimento como a Educação, as Ciências Humanas e Sociais e também disciplinas como a Computação, a Psicologia, a Ergonomia, a Filosofia, a Sociologia, etc. Um aspecto recorrente das áreas do conhecimento ao se cognitivarem é o uso da modelagem computacional para a compreensão e explicação de seus fenômenos investigados. Com efeito, a modelagem multiagente conquistou notório espaço em Ciências Humanas e Sociais. Dada a reconhecida importância deste método, visto suas vantagens sobre métodos de modelagem tradicionais, o ensino da modelagem computacional se torna também uma questão pedagógica. Plataformas de modelagem multiagente como NetLogo® e StarLogo® são suportes voltados para o ensino superior e para o ensino fundamental e médio. Como elementos complementares e norteadores da ação educativa, que podem ser aplicados neste contexto, se propõe aqui os princípios da Ergonomia Cognitiva e da teoria da mediação.

Palavras-chave: Cognição. Tecnologia. Educação. Modelagem computacional.

Introdução

O objetivo deste artigo é apresentar as Ciências Cognitivas assim como a modelagem e simulação computacional em Ciências Humanas e Sociais. Em um segundo momento apresentar tecnologias educacionais como o StarLogo® e o NetLogo® do ponto de vista da Ergonomia Cognitiva e da teoria da mediação.

As Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação (TDICs) estão gradativamente melhor inseridas no dia-a-dia do ser humano, tornando-se recursos para o trabalho, o contato social, as pesquisas e também para o lazer. A rede de informações subsidiada pelas interações humanas via os aparelhos digitais (computadores, telefones, televisão, etc.), a qual Lévy (1999) se refere como ciberespaço, se encontra incorporada não somente na cultura popular mas no domínio acadêmico como um todo e assim também nas Ciências Humanas e Sociais. Em seus aspectos metodológicos a TDICs estão presentes como ferramentas diversas (planilhas de cálculo, pacotes de estatística, etc.). As tecnologias e as Ciências Humanas e Sociais possuem uma relação retroativa. A primeira via é partir de um ponto de vista filosófico, sociológico, psicológico, antropológico, etc. afim de entender como ocorrem as inovações tecnológicas, entender quais as características peculiares dos grupos sociais a frente das novas TDICs, a sociedade da informação e a cibercultura. A segunda via se refere às mudanças metodológicas, teóricas e práticas que ocorrem em Ciências Humanas e Sociais levadas pela incorporação das TDICs em seus métodos de investigação. A incorporação das TDICs na metodologia de pesquisa vai do uso de pacotes estatísticos ou do registro por fotografia ou filmagem até a modelagem e simulação computacional. No domínio das tecnologias educacionais, a literatura vem atentando não somente para a elaboração de interfaces amigáveis, ergonomicamente bem concebidas mas também para tecnologias boas mediadoras da aprendizagem. Neste sentido que são apontadas aqui as plataformas StarLogo® e NetLogo® como boas mediadoras da aprendizagem da modelagem computacional, com especial destaque ainda para a modelagem dos fenômenos sociais.

A inserção das Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação na Educação (TDICE) traz uma série de mudanças no sistema educacional, do ponto de vista metodológico, epistêmico, contextual e instrumental. A Psicologia, Pedagogia, Didática, Informática e Políticas Educacionais são alguns dos domínios que se engajam pelo constante avanço da integração das tecnologias na Educação e nas Ciências Humanas e Sociais.

A Ergonomia, como ciência do trabalho (incluso o trabalho de ensinar e aprender) e tal como é estudada em Ciências Cognitivas, busca a melhoria do processo educacional. Com este prisma, objetiva-se aqui apresentar o StarLogo®, esta importante tecnologia educacional concebida no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) voltada para o ensino e a aprendizagem da modelagem e simulação computacional junto a crianças e adolescentes e também o NetLogo®, plataforma similar mas concebida de modo a atender melhor aos pesquisadores e estudantes universitários.

Os estudos sobre a cognição, a mente, o corpo (cérebro) e o comportamento social a partir do modo de investigação e de compreensão da modelagem computacional é uma atividade essencial e diferencial das ciências cognitivas. Atualmente este modo de compreensão do mundo vem se tornando tão importante quanto a modelagem matemática clássica, tanto na academia quanto na educação fundamental e média. Com efeito, ela vem ganhando a atenção dos educadores e ocupando lugar em projetos educacionais.

1. Ciências Cognitivas

As Ciências Cognitivas são um domínio interdisciplinar, ou no mínimo multidisciplinar, envolvendo disciplinas e domínios do conhecimento diversos. A perspectiva cognitiva cativou diversos segmentos disciplinares como a Biologia (MATURANA & VARELA, 1973/1980), a Educação, a Linguística, as Neurociências, a Filosofia, a Psicologia, a Antropologia e a Inteligência Artificial (PYLYSHYN, 1984) mas também a Engenharia do Conhecimento, a Ergonomia (AUSSENAC-GILLES et al., 1996; POMIAN et al., 1997), as Ciências Humanas (LEMAIRE, 1999), a Sociologia e a Economia (MATLIN, 2001). Certos teóricos buscam definir uma Ciência Cognitiva como uma disciplina ao mesmo nível de algumas citadas anteriormente, todavia nenhum consenso foi encontrado (LUGER, 1994; LEMAIRES, 1999). Entendemos que o que caracteriza as Ciências Cognitivas é uma característica metodológica disseminada em todas as disciplinas que integram este corpo interdisciplinar. Este aspecto metodológico envolve um diálogo constante entre uma investigação empírica (observação, testagem e experimentação) com a teoria e a modelagem computacional.

Os estudos sobre os processos cognitivos abordam os processos de entender, pensar, lembrar, esquecer, ter intenção de, se emocionar, acreditar, tomar decisões, etc. Todos esses processos podem ser interpretados com base no funcionamento do corpo, especialmente do cérebro (processos eletroquímicos, metabólicos, etc.) e até certo ponto reproduzido em máquinas de computação (PYLYSHYN, 1984; STERNBERG, 2000).

O pensamento cognitivo, baseado no desenvolvimento de máquinas de cálculo (computadores), entende que entre o estímulo e a resposta de um organismo existe uma estrutura baseada no tratamento de informações. Os computadores são assim prova deste tipo de sistema baseado em uma estrutura material (o *Hardware*), dando suporte para a sucessão de estados, o que pode ser usado para o processamento de dados (o *Software*). Para Sternberg (2000), é possível estabelecer uma analogia

Homem/Máquina: cognição/computação, processos cognitivos/processamento de dados, *Software-Hardware/Mente-Corpo*. Esta analogia não implica que os processos cognitivos envolvidos no cérebro dos seres humanos sejam idênticos aos concebidos nas atuais máquinas de computação. Ao contrário, aponta-se para significativas diferenças, possíveis de serem observadas justamente pela comparação.

Diante da expansão do pensamento cognitivo o corpo interdisciplinar das ciências cognitivas é constantemente reeditado. Em meio à amplitude alcançada pelo debate que se inspirou notadamente nas Ciências da Computação, a identidade da psicologia cognitiva acabou ofuscada (ANDLER, 1992/1998). Nessa perspectiva, a Psicologia Cognitiva identifica-se com a aplicação do método experimental, mas usa diversos outros métodos para desvendar a mente (inclusive a introspecção). Segundo Broadbent (1958), não há a negação de eventos com base fisiológica, mas o movimento cognitivo tem uma inspiração bastante funcionalista. Na linha de Baars (1986), muitos psicólogos cognitivos são “fiscalistas de aspecto duplo”, pois tendem a acreditar, em última instância, que a realidade é física e a experiência subjetiva é uma perspectiva diferente sobre uma parte desse mundo físico (ver também em Filosofia da Mente, SEARLE, 1980; KIM, 1998). Há uma franca colaboração da Psicologia Cognitiva com a modelagem computacional e neurociências, sem que isso implique redução da Psicologia e de suas características fundamentalmente humanas que a incluem nas Ciências Humanas e Sociais.

Sem poderem ser reduzidas às suas disciplinas componentes, as Ciências Cognitivas possuem diferentes teorias, mas em muitos aspectos complementares (ANDLER, 1992/1998). Estas, chamadas de perspectivas ou abordagens podem ser nomeadas como sendo o cognitivismo (ou abordagem simbólica) (ver TURING, 1950; NEWELL & SIMON, 1976, FODOR, 1983), o conexionismo (ou abordagem subsimbólica) (ver MCCULLOCH & PITTS, 1943; ROSENBLATT, 1962; HOPFIELD, 1982) e o enativismo, defendendo o conceito de mente incorporada (ver MATURANA & VARELA, 1980; 1994; VARELA, THOMPSON & ROSCH, 1993). Outras perspectivas

ainda se apresentam, como o dinamicismo (ver THELEN & SMITH, 1993; PORT & VAN GELDER, 1995) e uma perspectiva sistemas complexos (ver MITCHELL, 1998; STEELS, 2003).

O debate cognitivismo versus conexionismo é bastante explorado (ver ANDLER, 1998; MITCHEL, 1998; PULVERMÜLLER, 2002). De acordo com o cognitivismo, o símbolo ou a representação material segundo o conceito de Newell & Simon (1976), refere-se a mecanismos físicos executando sistemas lógicos cujos princípios e teoremas são enunciados pela lógica formal. Um sistema de regras da lógica formal é instanciado (torna-se um mecanismo físico) através de um conjunto de símbolos manipulados pelo mecanismo de uma máquina. Esta máquina de cálculo é definida por Newell & Simon (1976) como um Sistema de Símbolos Materiais (SSM) e como exemplo pode-se citar os Sistemas de Raciocínio Baseado em Caso (RBC) (ver CORDIER et al., 2008). Na tradição cognitivista, a cognição humana e a cognição artificial são ambas vistas como SSM.

O conexionismo nasceu buscando-se inspiração na Biologia, a partir da concepção de que os neurônios recebem continuamente impulsos pelas sinapses de seus dendritos vindos de milhares de outras células. Os impulsos geram ondas de corrente elétrica (excitatória ou inibitória) através do corpo da célula. O modelo conexionista consiste em um cálculo baseado em regras lógicas instanciando a estrutura em rede dos neurônios e seu processo de disparo (MCCULLOCH & PITTS, 1943). No conexionismo as representações mentais são vistas não como os símbolos materiais, mas como os padrões baseados em símbolos que emergem na rede de neurônios (HEBB, 1949; ROSENBLATT, 1962; HOPFIELD, 1982).

Todavia, depois destas etapas de inspiração na lógica formal e no modo de funcionamento das redes de neurônios do sistema nervoso, a modelagem computacional vem buscando inspiração nas Ciências Humanas e Sociais, na inteligência social, na organização e na dinâmica social (FERBER, 1995; KENNEDY, EBERHART & SHI, 2001; PHAN & AMBLARD, 2007). As teorias e experimentos em

Psicologia e Biologia serviram para elaborar novos modelos de computação. De modo retroativo, a modelagem computacional fornece um modo de explicação e compreensão dos fenômenos psicológicos e biológicos. Deste mesmo modo este processo cíclico se mantém junto às Ciências Humanas e Sociais. Os sistemas multiagentes são baseados na interação de agentes, buscando reproduzir o modo autônomo de interação social encontrado em sociedades humanas (FERBER, 1995; WOOLDRIDGE, 2002). Pelo outro lado, a modelagem computacional baseada em agentes vem sendo uma importante ferramenta de estudo dos fenômenos sociais (GILBERT & DORAN, 1994; KENNEDY, EBERHART & SHI, 2001; PHAN & AMBLARD, 2007).

2. Modelagem Computacional em Ciências Humanas e Sociais

Na comunidade de simulação baseada em agentes, uma definição de modelagem bastante usada é a de Minsky (1965): “Para um observador B, um objeto A* é um modelo de um objeto A, na medida em que B pode usar A* para responder questões que interessam a ele sobre A”. Nesse sentido, repetindo o raciocínio de Livet et al. (2010), um pesquisador B tem um domínio empírico de interesse A. A modelagem inclui um processo de abstração do domínio empírico A estabelecendo o modelo A*. O modelo construído artificialmente A*, possui em sua estrutura entidades abstratas (uma ontologia) e em seus processos relações suficientemente boas para tornar o modelo A* passível de responder bem a perguntas sobre A. Entendemos que a modelagem multiagente possui uma estrutura e processos complexos o que torna seus fundamentos ontológicos mais próximos da natureza ontológica complexa da natureza.

A modelagem multiagente é um modo de modelagem computacional em Ciências Humanas e Sociais que diminui a prática de reducionismos injustificados que ocorrem durante a modelagem matemática e computacional clássica. Com efeito os fenômenos sociais apresentam grande complexidade, o que exige uma metodologia de

modelagem robusta, o que faz da modelagem multiagente um suporte de modelagem e simulação computacional bastante adaptado.

Os agentes em sistemas multiagentes são unidades de processamento de símbolos tal como os neurônios artificiais, todavia, são unidades situadas sendo capazes de deslocamento em um espaço. Neste sentido, a modelagem multiagente cativou a comunidade em Ciências Humanas e Sociais (GILBERT & DORAN, 1994; EPSTEIN & AXTELL, 1996; KENNEDY, EBERHART & SHI, 2001; WOOLDRIDGE, 2002; AMBLARD & PHAN, 2006). Um agente pode representar uma pessoa, uma organização, uma cidade, etc. e através da interação destes agentes lançar um sistema complexo compatível com a complexidade do fenômeno social estudado.

Um sistema multiagente tem como elementos os agentes, onde a organização do sistema depende das interações entre seus elementos. Propriedades emergentes ocorrem em sistemas multiagentes pois o comportamento individual dos agentes sobre objetos e outros agentes pode conduzir à emergência de formas globais, a diferentes organizações que são mantidas unicamente pela práxis dos agentes. Um sistema multiagente é um sistema capaz de auto-organização. A estrutura do sistema é formada pelos agentes e é modificada pelo processo do sistema, isto é, pela atividade do coletivo de agentes. Segundo Lenay (1994) "... os agentes compondo uma população se comportam em função de um meio que é circularmente modificado por suas ações." (p. 9, tradução livre).

Utilizam-se cada vez mais os sistemas multiagentes em Ciências Humanas e Sociais (PHAN & AMBLARD, 2007). Estes sistemas são baseados em unidades de processamento da informação chamadas "agentes" que interagem uns com os outros em um ambiente digital (FERBER, 1995; KENNEDY, EBERHART & SHI, 2001). Os sistemas multiagentes permitem a modelagem e simulação de sociedades artificiais que reproduzem situações sociais complexas que podem envolver muitas variáveis e agentes heterogêneos. A modelagem multiagente reproduz a dinâmica social capaz de determinar a ação individual dos agentes. Eles fornecem um quadro adequado para a

investigação metodológica e ontológica de fenômenos emergentes. Finalmente, os sistemas multiagentes podem ser vistos como "complementares" ou mesmo "substitutos" de formalismos clássicos. A constituição e a partilha de um corpo de ontologias (descrições formais) pode facilitar a concepção e implementação de sistemas multiagentes em Ciências Humanas e Sociais.

3. Educação e Modelagem Computacional

A criação de modelos de madeira, papel, metal e recentemente de expressões matemáticas tem se desenvolvido ao longo da história e colaborado para a compreensão, a explicação e a previsão dos fenômenos estudados.

Os computadores têm proporcionado um novo meio para a construção, análise e descrição de modelos. Com a utilização de computadores, os economistas constroem modelos da dinâmica de mercados, os biólogos constroem modelos de divisão celular, historiadores constroem modelos de civilizações antigas, estudiosos da linguagem constroem modelos sobre a aprendizagem de conteúdos léxicos e de uma gramática, educadores tornam o conteúdo de suas aulas mais atraentes, etc.

Os computadores também estão tornando mais fácil para iniciantes/estudantes a construção e a aplicação de modelos. A plataforma StarLogo®¹, desenvolvida no Laboratório de Mídia e no Programa de Formação de Professores do MIT, Cambridge, Massachusetts, com o apoio da Fundação Nacional de Ciências dos EUA e do grupo LEGO® foi projetada como uma tecnologia educacional (COLELLA, KLOPFER & RESNICH, 2001).

Além de entrar em contato com princípios das ciências, de sistemas complexos e dinâmicos e com as tecnologias digitais, o uso de StarLogo® na educação favorece o desenvolvimento do raciocínio, de compreensão do mundo e de habilidades de

¹ Visitar a página: <http://education.mit.edu/starlogo/>

programação. A plataforma NetLogo®², assim como StarLogo®, oferece meios de concepção e aplicação de modelos. A primeira tem um perfil mais acadêmico, alguns recursos mais avançados e pode ser mais bem utilizada com um público universitário.

Neste sentido, a modelagem computacional tomada como conteúdo, precisa ser bem mediada junto aos aprendizes, sejam estes universitários, alunos do ensino fundamental ou do ensino médio (COLELLA, KLOPFER & RESNICH, 2001). Seleccionamos aqui dois arcabouços teóricos, que se complementam, para orientar os educadores no sentido de suas intervenções pedagógicas junto ao trabalho de ensinar a modelagem computacional. Estes arcabouços são a ergonomia cognitiva e a teoria da mediação de Vygotski (1934/1997).

4. Ergonomia Cognitiva

A Ergonomia é a ciência ou estudo do trabalho, da atividade física ou mental direcionada para a produção ou realização de algo, inclusive de aprender ou ensinar. Como na Revolução Industrial, onde os músculos foram substituídos pelas máquinas, a revolução que acontece com as TDICs exige novas habilidades para o trabalho, entendendo-se este como qualquer atividade, física ou mental, com um objetivo.

A Ergonomia Cognitiva, sob influência das Ciências Cognitivas, vê o ser humano como um complexo sistema de processamento de informações (HOLLNAGEL, 1997; BASTIEN & SCAPIN, 2001; PRIMO, 2008). A interação Homem-computador na Ergonomia clássica é vista principalmente em termos de uma boa postura frente ao terminal de vídeo display (VDT). Na Ergonomia Cognitiva, segundo Hollnagel (1997), a interação Homem-computador deve ser vista como um meio para arquitetar um objetivo. O foco está no modo de se apresentar a informação, de buscar a informação, de aprender e de transmitir a informação (e não na postura do corpo frente à máquina). A cognição humana tem características e limites atrelados aos processos cognitivos da

² Ver a página: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

atenção, da memória (de curto prazo, de longo prazo, de trabalho), da linguagem, das emoções, etc. Ao invés de adaptar o homem ao trabalho como buscava a Ergonomia clássica, a Ergonomia Cognitiva busca adaptar o computador e as tecnologias digitais da informação e da comunicação ao ser humano, mas não somente ao seu corpo, mas também ao modo de funcionamento da mente humana. Tais avanços permitem uma melhor compreensão do próprio funcionamento da mente humana, o que alimenta os avanços tecnológicos, tornando-se assim um ciclo de aprimoramentos e conhecimentos.

O uso de recursos digitais no processo de ensino-aprendizagem exige atenção com a forma com que as informações chegam ao indivíduo, tal como estipula a Ergonomia Cognitiva. Focalizando-se nos computadores, programas, plataformas e páginas da Internet voltadas para a educação, a interface, os recursos e a forma como o conteúdo é apresentado são essenciais para o trabalho de aprender. Um bom ensino repousa em uma boa compreensão da mente e de como se aprende. Neste sentido, tecnologias da informação e da comunicação visando serem boas mediadoras da aprendizagem precisam ser ergonomicamente bem concebidas, melhor concebida para a mente do que para o corpo, como defende a perspectiva cognitiva em Ergonomia.

5. Mediação e Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação

A terminologia Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação na Educação (TDICE) se refere a TDICs como suportes didáticos, o que exige uma nova leitura dos papéis dos elementos implicados no processo: o educador, o aprendiz, o conteúdo e agora a tecnologia educacional digital (LOMBARD, 2003). A partir da concepção de Vygotski (1934/1997) sobre mediação, as TDICs enquanto mediadoras exercem papel essencial no processo de ensino-aprendizagem.

Diante da grande disponibilidade de tecnologias digitais para a Educação, do crescente interesse na constante inovação destas tecnologias e no dever de torná-las

mais acessíveis a todos, um problema se apresenta: como avaliar se estas tecnologias estão cumprindo o papel de bons mediadores da aprendizagem?

Primeiramente é importante uma clareza do que está minimamente envolvido em uma boa mediação educacional. Segundo Klein (1996) existem cinco tipos de comportamentos básicos que um educador precisa lançar mão para uma ação mediadora de qualidade: a focalização, a expansão, a afetividade, a recompensa e a regulação do comportamento. O educador pode focar a atividade do aprendiz chamando sua atenção para pontos importantes para a compreensão do conteúdo. Deste modo, o bom mediador age em prol da expansão dos conhecimentos do aprendiz, levando-o a estabelecer relações dos conteúdos que estão sendo aprendidos com os conteúdos dominados e com práticas cotidianas. A boa mediação implica em uma atenta observação dos afetos do aprendiz (afetos positivos e negativos pelo conteúdo, pelo educador e pelo suporte) visto que se aprende melhor o que se gosta e através do que se gosta. Neste sentido, a motivação do aprendiz passa pelas atividades que vem recebendo recompensas, isto é, que vem realizando com sucesso e com reconhecimento pelos outros (o que tem forte relação com sua auto-estima e auto-eficácia). O bom mediador precisa exprimir sua satisfação por certos comportamentos do aprendiz. Por fim, o bom mediador precisa ainda ajudar o aprendiz a perceber as conseqüências futuras de seus comportamentos. Planejar é uma atividade fundamental, pois aprender envolve também organização e repetição. Todavia planejar e realizar as atividades planejadas necessita de uma boa taxa de mediação por parte dos educadores afim de que os aprendizes pensem antes de agir e adquiram assim elevado controle ou regulamento de seus próprios comportamentos para alcançar um objetivo.

Ao se abordar as TDICs como mediadoras da aprendizagem, isto é, como tecnologias educacionais, seu uso na educação deve ir muito além do incentivo ao uso ou a disponibilização dos recursos materiais, como deixa evidente o conceito de uma mediação de qualidade em Klein (1996). Professores podem levar em conta todos os

critérios de uma mediação de qualidade em projetos envolvendo o ensino da modelagem computacional.

Sobre as capacidades mediadoras das tecnologias digitais como as plataformas de modelagem e simulação, estas podem ser avaliadas segundo certos critérios. A validação destes recursos enquanto mediadores no processo de ensino-aprendizagem deve ser constante. Esta avaliação das TDICEs deve abordar por exemplo: a) análise ergonômica do suporte; b) observações de seu uso pelo público para o qual foi concebido; c) análises comparativas de produções entre usuários que utilizaram certa TDICE e usuários que utilizaram tecnologias tradicionais (livros por exemplo); d) estudos de aspectos do próprio usuário como: o uso do suporte; aspectos cognitivos e afetivos (atribuição da causa de erros e dificuldades, motivação no uso de TDICs, representações afetivas sobre as TDICs, o conteúdo aprendido, etc.) (BRAGA, RÉGNIER & CARVALHO, 2011).

O objetivo final da avaliação de TDICEs deve ser o de contribuir para a inovação tecnológica, para a concepção e construção de suportes didáticos virtuais que favoreçam de modo cada vez mais efetivo o processo de conceitualização e de aprendizagem, valorizando para isso a singularidade através de aspectos cognitivos e afetivos de cada estudante/usuário. Para isso as TDICs terão que integrar sistemas de inteligência artificial cada vez mais sofisticados (BASTIEN & SCAPIN, 2001).

Sem uma avaliação formal, o que fica como perspectiva, StarLogo® e NetLogo® se enquadram como boas tecnologias mediadoras da aprendizagem da modelagem computacional de uma grande diversidade de conteúdos: matemática, física, química, biologia e também de fenômenos sociais. Um exemplo é o modelo de segregação social de Schelling; ver Schelling (1971) e também o modelo implementado na plataforma NetLogo®. Como particularidade, StarLogo® e NetLogo® são ergonomicamente bem concebidos e respectivamente projetados para a mediação da aprendizagem de um público infanto-juvenil e de um público universitário.

Considerações finais

As Ciências Cognitivas foram aqui apresentadas como um domínio interdisciplinar, ou no mínimo multidisciplinar, envolvendo áreas do conhecimento diversas como a Educação, as Ciências Humanas e Sociais e também disciplinas como a Filosofia, a Computação, a Psicologia, a Ergonomia, a Sociologia, a Antropologia, a Engenharia do Conhecimento, a Inteligência Artificial, etc. Como um dos critérios recorrentes das áreas do conhecimento que se tornam cognitivas foi destacado o uso da modelagem computacional para a compreensão e explicação de seus fenômenos investigados.

A modelagem multiagente chamou e continua chamando muita atenção em Ciências Humanas e Sociais. A reconhecida importância deste método se deve largamente a suas vantagens sobre métodos de modelagem tradicionais, pois ultrapassa reducionismos injustificados e reproduz de fato uma dinâmica social no modelo. Com tecnologias mais avançadas o grau de realismo dos modelos está maior.

Dada a importância acadêmica adquirida, foi enfatizado que o ensino da modelagem computacional se torna também uma questão pedagógica onde plataformas de modelagem multiagente como NetLogo® e StarLogo® se apresentam como tecnologias educacionais visando respectivamente diferentes níveis de ensino/educação, o nível superior e os níveis fundamental e médio. Como elementos complementares e norteadores da ação educativa que podem ser aplicados neste contexto foram propostos e discutidos os princípios da Ergonomia Cognitiva e da teoria da mediação de Vygotski.

Abstract: The Cognitive Science is an interdisciplinary field involving knowledge areas such as Education, Social and Human Sciences as well as the disciplines like Computer Science, Psychology, Ergonomics, Philosophy, Sociology, etc. A recurrent feature of the knowledge areas that have become cognitive is the use of computational modeling to increase scientific understanding and explanation. Indeed, multiagent modeling has grown out of some recent and innovative ideas in the Social and Human Sciences. Given the recognized importance of this method, as its advantages over traditional modeling methods, the teaching of computational modeling becomes also a pedagogical issue. Multiagent modeling platforms as NetLogo® and StarLogo® are examples of different educational technologies for teaching computational modeling in college and in the primary school (high school too), respectively. In this context, we propose the principles of Cognitive Ergonomics and of the theory of mediation as complementary elements that can be applied to guide the educational activity.

Key-words: Cognition. Technology. Education. Computational Modeling.

Referências

AMBLARD, F. & PHAN, D. (Org.). **Modélisation et simulation multi-agents: applications pour les Sciences de l'Homme et de la Société**. Paris: Lavoisier, 2006.

ANDLER, D. (Org). **Introdução às Ciências Cognitivas**. Porto Alegre: Unisinos, 1998. (Original de 1992)

AUSSENAC-GILLES, N., LAUBLET, P. & REYNAUD, C. (Orgs.). **Acquisition et ingénierie des connaissances**. Toulouse: Cépaduès-Editions, 1996.

BAARS, B.J. **The cognitive revolution in Psychology**. New York: Guilford Press, 1986.

BASTIEN, J. M. C. & SCAPIN, D. L. Evaluation des systèmes d'information et Critères Ergonomiques. In: KOLSKI, C. (Org.) **Systèmes d'information et interactions homme-machine. Environnement évolués et évaluation de l'IHM. Interaction homme-machine pour les SI**. v. 2, Paris: Hermes, 2001. p. 53-79.

BRAGA, E. M., REGNIER, J.-C. & CARVALHO, L. L. (2011). TICE e Ambientes Virtuais

de Trabalho: contribuição para a construção de suportes didáticos virtuais bons mediadores no processo de ensino-aprendizagem. In: **VI Seminário Internacional. As Redes Educativas e as Tecnologias: práticas/teorias sociais na contemporaneidade**. Rio de Janeiro: HALSHS, 2011. p. 1-15.

BROADBENT, D. **Perception and communication**. Oxford: Pergamon, 1958.

COLELLA, V., KLOPFER, E. & RESNICH, M. **Adventures in Modeling: Exploring Complex, Dynamic Systems with StarLogo**. New York: Teachers College Press, 2001.

CORDIER, A., FUCHS, B., CARVALHO, L. L., LIEBER, J., & MILLE, A. Opportunistic Acquisition of Adaptation Knowledge and Cases - The IakA approach. In: ALTHOFF, K.-D., BERGMANN, R., MINOR, M. & HANFT, A. (Orgs.). **Advances in Case-Based Reasoning**, LNAI 5239. Trier, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. p. 150-164.

EPSTEIN, J. M. & AXTELL, R. **Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up**. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.

FERBER, J. **Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective**. Paris: InterEditions, 1995.

FODOR, J. A. **The Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology**. Cambridge, MA: MIT Press, 1983.

GILBERT, N. & DORAN, J. (Orgs.). **Simulating Societies: The Computer Simulation of Social Phenomena**. London: UCL Press. 1994.

HEBB, D. O. **The organization of behavior. A neuropsychological theory**. New York: John Wiley, 1949.

HOLLNAGEL, E. Cognitive ergonomics: it's all in the mind. **Ergonomics**, v. 40, n. 10, p. 1170 – 1182, 1997.

HOPFIELD, J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective

computational abilities. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 1982. p. 2554-2558.

KENNEDY, J. F., EBERHART, R. C. & SHI, Y. **Swarm Intelligence**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2001.

KIM, J. **Mind in a Physical World**. Cambridge: MIT Press, 1998.

KLEIN, P. **Early Intervention: Cross-Cultural Experiences with a Mediatonal Approach**. New York: Garland Publishers, 1996.

LEMAIRE, P. **Psychologie cognitive**. Paris, Bruxelles: De Boeck, 1999.

LENAY, C. Organisation émergente dans les populations: biologie, éthologie, systèmes artificiels. **Intellectica**, v. 19, p. 9-17. 1994.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

LIVET, P., MÜLLER, J-P., PHAN, D., SANDERS, L. (2010). Ontology, a Mediator for Agent-Based Modeling in Social Science. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 13, n. 1. Disponível em: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/13/1/3.html>. Acesso em: 12 sep. 2012.

LOMBARD, F. Du Triangle de Houssye au Tétraèdre des TIC: Comment l'analyse des productions tic permet d'approcher une compréhension des interactions entre les savoirs d'expérience et de recherche. In: **Colloque REF03**, Genève, 2003.

LUGER, G. F. **Cognitive science: The science of intelligent systems**. San Diego: Academic Press, 1994.

MATLIN, M. W. **La cognition: une introduction à la Psychologie Cognitive** (A. Brossard, Trans. 4e édition américaine). Paris: DeBoeck, 2001.

MATURANA, H. & VARELA, F. J. **Autopoiesis and Cognition: the Realization of the Living**. Dodrecht: Reidel, 1980. (Original de 1973)

MATURANA, H. & VARELA, F. **L'arbre de la connaissance**. Paris: Addison-Wesley France, 1994. (Original de 1984)

MCCULLOCH, W. S. & PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **Bulletin of Mathematical Biophysics**, v. 5, p. 115-133, 1943.

MINSKY, L. M. Matter, Mind and Models. **Proceedings of IFIP Congress**, 1965. p. 45-49.

MITCHELL, M. A complex-systems perspective on the "computation vs. dynamics" debate in cognitive science. **Proceedings of the 20th Annual Conference of the Cognitive Science Society**, 1998, p. 710-715.

NEWELL, A. & SIMON, H. Computer science as empirical inquiry: Symbols and search. **Communications of the Association for Computing Machinery**, v. 19, n. 3, p. 113-126, 1976.

PHAN, D. & AMBLARD, F. (Org.). **Agent-based modelling and simulation in the social and human sciences**. Oxford, The Bardwell Press, 2007.

POMIAN, J.-L., PRADÈRE, T., GAILLARD, I. **Ingénierie et ergonomie**. Toulouse, France: Cépaduès-Éditions, 1997.

PORT, R. F. & GELDER, T (Org.). **Mind as motion: explorations in the dynamics of cognition**. Cambridge, MA: MIT Press, 1995.

PRIMO, A. **Interação mediada por computador: comunicação, cibercultura, cognição**. Porto Alegre: Sulina, 2008.

PULVERMÜLLER, F. **The Neuroscience of Language: On Brain Circuits of Words and Serial Order**. New York: Cambridge University Press, 2002.

PYLYSHYN, Z. W. **Computation and cognition: toward a foundation for cognitive science**. Cambridge: MIT press, 1984.

ROSENBLATT, F. **Principles of neurodynamics: Perceptrons and the theory of**

brain mechanisms. Washington, D.C.: Spartan Books, 1962.

SCHELLING, T. S. Dynamic Models of Segregation. **Journal of Mathematical Sociology**, v. 1, p. 143-186, 1971.

SEARLE, J. R. Minds, brains and programs. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 3, p. 417-424, 1980.

STEELS, L. Intelligence with representation. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. A 361, n. 1811, p. 2381-2395, 2003.

STERNBERG, R. **Psicologia Cognitiva.** Porto Alegre: Artes Médicas. 2000.

THELEN, E. & SMITH, T. B. **A dynamic systems approach to the development of cognition and action.** Cambridge, MA: MIT Press, 1993.

TURING, A. M. Computing machinery and intelligence. **Mind**, v. 59, p. 433-460, 1950.

VARELA, F. J., THOMPSON, E. & ROSCH, E. **The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience.** Cambridge: Massachussets Institute Press, 1993.

VYGOTSKI, L. **Pensée et langage** (éd. française de 1985). Paris: La dispute, Adage, 1997. (Original de 1934)

WOOLDRIDGE, M. (2002). **An introduction to multiagent systems.** London: John Wiley & Sons, LTD.