

Rumo a um Modelo para Agentes Computacionais Cooperativos Piagetianos : uma primeira aproximação

Claudia Brandelero Rizzi¹, Antônio Carlos da Rocha Costa², Sérgio Roberto Kieling Franco³

¹Informática – Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS-PGIE)

85819-110 – Cascavel – PR – Brasil

cbrizzi@unioeste.br

²Escola de Informática– Universidade Católica de Pelotas (UcPel)

96010-000 – Pelotas – RS – Brasil

rocha@atlas.ucpel.tche.br

³Faculdade de Educação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

90046-000 – Porto Alegre – RS – Brasil

franco@edu.ufrgs.br

Resumo. O objetivo deste trabalho é apresentar o atual estágio de um projeto em fase de desenvolvimento que visa a definir, modelar, implementar e analisar um modelo para agentes computacionais cooperativos tendo a Epistemologia Genética como fundamentação teórica e particularmente a noção de *grupamento* característica do período das operações concretas. Quando implementados, esses agentes serão dotados de uma estrutura que lhes possibilitará condições de operarem na ação (cooperação) ao realizarem atividades conjuntas.

Palavras Chave: Agentes Computacionais, Cooperação, Epistemologia Genética.

1. Introdução

Jean Piaget, biólogo, psicólogo e epistemólogo que era, dedicou suas pesquisas a definir um modelo para a estrutura cognitiva, a estrutura humana que viabiliza a construção do conhecimento. Ora, um modelo é uma representação daquilo que se deseja reproduzir. E como sintetizado por Zélia Charottino, Piaget, “*não podendo observar o fenômeno senão em seus efeitos, lança-se à tarefa de explicá-lo através da criação de um modelo para sua estrutura*” [Charottino 1972 pg. 5]. Ele e seus colaboradores realizaram um grande número de experimentos com bebês, crianças e adolescentes visando compreender e estabelecer o referido modelo, a partir de uma abordagem original, o método clínico.

Os resultados mostraram que o bebê, ao nascer, é dotado de recursos hereditários que lhe permitem realizar suas primeiras atividades, mas que estas vão sendo melhoradas a partir de sua interação com o meio onde vive. Então vai gradativamente aperfeiçoando a maneira como realiza suas atividades uma vez que aprende ao realizá-las, o que contribui decisivamente para o desenvolvimento da sua estrutura mental.

É na interação com o meio que vai sendo construída sua estrutura mental, e dialeticamente é ela que lhe permite adaptar-se cada vez melhor a este meio.

O conjunto de esquemas do bebê constitui sua estrutura mental naquele momento. É por isso que o “saber x” pode ser entendido como uma estrutura mental que habilita o bebê (o indivíduo) frente à situação “x”, e o habilita mais ou menos frente às situações “ x_1, x_2, \dots, x_n ” relacionadas. Quanto maior a diversidade da situação, por exemplo, uma situação “y”, maior será a demanda por um saber específico que possibilite sua realização exitosa: a situação “y” é uma perturbação do meio e simultaneamente fonte de desequilíbrios e motivação para a formação de novos esquemas. O “saber y” se viabilizará a partir da aplicação dos saberes que este bebê já possui; ele passará a pegar, balançar, chupar, bater, olhar, etc. como se experimentasse qual dos esquemas melhor se aplica a situação “y”. Então, as informações que ele retira do meio através da interação, aliada aos saberes que já adquiriu, dá-lhe condições de construir uma estrutura suficientemente eficaz para habilitá-lo a lidar com a situação “y”, mesmo que tal eficácia leve algum tempo para ser alcançada.

O bebê vai incorporando novos esquemas que são independentes e que se originam de suas simples reações ao meio. Aos 8-9 meses esses esquemas vão sendo coordenados com vistas a um objetivo e o bebê passa a relacionar as coisas entre si promovendo o estabelecimento de relações entre os seus esquemas. Nos níveis seguintes o bebê passa a formar coleções com os objetos, realizar encaixes, interseções, etc. até alcançar os grupamentos operatórios e posteriormente, na fase adulta, o grupo INRC, que lhe dá condições para o pensamento operatório formal.

É evidente que a estrutura cognitiva é qualitativamente diferente em cada período da vida do indivíduo e mais evidente ainda nos primeiros anos. A melhoria qualitativa se dá gradativamente. Uma estrutura cognitiva em um dado momento é fruto de uma estrutura anterior, qualitativamente inferior; esta estrutura atual dá sustentação à formação de uma nova estrutura que dela se derivará, e será qualitativamente superior de maneira mais ou menos intensa [Franco 1996]. Piaget detectou que 4 estruturas diferentes caracterizavam os 4 períodos do desenvolvimento mental, ou seja o período sensorio-motor, o pré-operatório, o de operações concretas e o de operações formais. Considerando o interesse particular deste trabalho pelo período das operações concretas onde se evidenciam os grupamentos bem como se estabelecem as condições para a cooperação, maior ênfase será dada a ele e ao processo de cooperação.

1.1 Identificação e Classificação dos Grupamentos

Os grupamentos são as estruturas básicas que viabilizam as operações efetuadas no período operatório concreto. Piaget identificou 3 grandes grupamentos: I) o das operações lógicas, II) o das operações infralógicas e III) o das operações referentes aos valores. Do conjunto destes 3 grupamentos harmonicamente coordenados se deriva o grupo das proposições (INRC), característico do pensamento formal. São cinco as condições de equilíbrio dos grupamentos: 1) a Composição, 2) a Reversibilidade, 3) a Associatividade, 4) a Operação Idêntica Geral e 5) a Tautologia [Piaget 1977]. No contexto deste trabalho, dois grupamentos inspiram mais fortemente o modelo para agentes computacionais proposto, o das operações lógicas e o das operações referentes aos valores.

O grupamento das operações lógicas (I) é constituído pelas operações que partem de elementos individuais considerados como invariantes, e limitam-se a enumerá-los, seriá-los, classificá-los, etc. É composto por 8 grupamentos divididos entre aqueles de classes e aqueles de relações. São eles: 1) o Grupamento Aditivo de Classes, 2) o Grupamento das Vicariâncias, 3) o Grupamento Multiplicação Co-Unívoca de Classes, 4) o Grupamento Multiplicação Biunívoca de Classes, 5) o Grupamento Adição das Relações Simétricas Transitivas, 6) o Grupamento Adições de Relações Simétricas, 7) o Grupamento Multiplicação Co-Unívoca das Relações, e 8) o Grupamento Multiplicação Biunívoca das Relações [Piaget 1976]. O grupamento das operações referentes aos valores (III) exprimem as relações de meios e fins e cuja quantificação traduz o valor econômico [Piaget 1977]. Envolve as trocas qualitativas que engendram um sistema autônomo que atinge o equilíbrio através da cooperação ou seja, um sistema de operações executadas em comum ou por reciprocidade entre parceiros.

Ora, os fatos sociais são paralelos aos mentais. Os fatos mentais podem ser divididos em 3 aspectos indissociáveis : 1) a estrutura que constitui o aspecto cognitivo (operações ou pré-operações), 2) a

afetividade (valores) e 3) os sistemas de índices ou símbolos que servem de significantes a estas estruturas operatórias ou aos valores. Da mesma forma, os fatos sociais também se dividem em 3 aspectos sempre presentes em diferentes graus nas interações entre indivíduos: 1) em sua estruturação são acrescidas as regras, 2) os valores coletivos são elementos de troca interindividual, e 3) os significantes dessas interações são constituídos por sinais convencionais. Então, regras, valores de trocas e sinais constituem os fatos sociais porque toda conduta realizada em conjunto se traduz pela constituição de normas, de valores e de significantes convencionais [Piaget 1973]. É assim que tanto os aspectos mentais quanto os sociais interessam particularmente enquanto fundamentos teóricos com vistas à definição do modelo para agentes computacionais cooperativos piagetianos proposto.

2. A Cooperação

Segundo Piaget, cooperar é operar em comum. No entanto, existem dois tipos básicos de cooperação: 1) aquelas decorrentes de cooperações concretas, ou seja, ações realizadas fisicamente envolvendo alternância e/ou sincronização de ações a um fim comum; e 2) aquelas decorrentes de cooperações em pensamento que produzem um sistema mais abstrato que inclui definições, avaliações e normas. Em ambos os casos supõe-se uma situação social de cooperação autônoma tendo suas bases na igualdade e reciprocidade entre os parceiros [Piaget 1973].

Para realizar cooperações concretas (cooperação na ação), é necessário que os sujeitos envolvidos tenham alcançado pelo menos o nível das operações concretas do desenvolvimento cognitivo. Significa dizer que suas estruturas quando totalmente desenvolvidas, devem contemplar os oito grupamentos lógicos, os grupamentos infralógicos e os grupamentos referentes aos valores. A reversibilidade se dá por inversão ou por reciprocidade, exclusivamente. Esses grupamentos e a reversibilidade são utilizados separadamente, e têm como uma das principais características o fato de serem operações efetuadas em pensamento tais como as operações efetuadas nos objetos. Neste contexto, a cooperação é a realização conjunta de operações concretas (também representadas em pensamento) que se ajustam umas às outras. Essas operações podem ser correspondentes, simétricas, e/ou complementares.

Para efetivamente realizar cooperações em pensamento, é necessário que os sujeitos envolvidos tenham alcançado o nível das operações formais do desenvolvimento cognitivo. Estar no nível das operações formais significa que as estruturas existentes (decorrentes daquelas atingidas ao nível das operações concretas) devem estar coordenadas em um sistema de conjunto, possibilitando a realização de operações proposicionais que têm características algébricas (cálculo de proposições). Três são as condições que precisam ser satisfeitas para garantir o equilíbrio das trocas verbais efetuadas quando há cooperação no pensamento: 1) os parceiros devem possuir uma escala comum de valores, 2) deve haver conservação de proposições e igualdade geral dos valores mesmo em caso de desacordo e 3) que se possa atualizar os valores trocados a qualquer momento. O conjunto de tais operações compõe um sistema que produz um conjunto de regras que constitui a lógica formal. Então a lógica empregada na troca das proposições é a mesma lógica utilizada pelos parceiros para compor sua lógica individual. Ora, um parceiro passa a apreender o pensamento do outro, que se dá por operações, quando possui as condições individuais de efetuar essas mesmas operações, ou seja, ambos utilizam a mesma lógica. O conjunto de regras que constitui a lógica formal impõe que as proposições contemplem: 1) o princípio da identidade, 2) a conciliação contínua das proposições atuais com aquelas que foram conservadas anteriormente (há conservação e reversibilidade), 3) as proposições tomam necessariamente uma das seguintes formas: correspondência; simetria; e complementaridade. Então os parceiros que cooperam através de trocas proposicionais constroem além de seu próprio agrupamento, que é individual, um agrupamento coletivo decorrente da cooperação. Este grupamento coletivo é construído através das correspondências, simetrias e complementaridades das proposições trocadas.

3. IAC, IAD e Agentes Computacionais

A Inteligência Artificial Construtivista (IAC) abrange a integração entre a Inteligência Artificial (IA) e a Epistemologia Genética de Jean Piaget. Tanto no nível psicológico quanto no epistemológico, a integração ocorre em duas vias: aquela em que a IA assimila elementos advindos da teoria piagetiana, como no caso deste trabalho, e aquela em que é a teoria piagetiana que assimila elementos da IA. A Inteligência Artificial Distribuída (IAD) é uma subárea da IA cujo modelo de inteligência está baseado no

comportamento social, e sua ênfase situa-se nas ações e interações entre agentes. Agentes são entidades reais ou virtuais ativas inseridas em um ambiente [Alvarez 1997].

Dentre as diversas taxinomias para agentes computacionais está a de Hyacinth Nwana. Nela os agentes são organizados conforme 3 atributos importantes que podem possuir: autonomia, aprendizagem, e cooperação. A autonomia diz respeito à habilidade do agente de tomar iniciativas. Isso significa que o agente possui objetivos individuais e que trabalha visando a atingi-los. A aprendizagem implica a capacidade do agente em aprender como deve reagir/interagir no ambiente no qual está inserido. A cooperação diz respeito a habilidade do agente em realizar atividades em conjunto com outros agentes [Nwana 1996]. É neste contexto que se insere o presente trabalho, ou seja, o modelo proposto prevê que os agentes possuam todos esses 3 atributos.

4. Primeira Aproximação do Modelo para Agentes Cooperativos Piagetianos

A idéia geral deste trabalho é que agentes modelados com estruturas dinâmicas semelhantes as dos grupamentos, poderiam cooperar entre si na realização de tarefas. Um agente é uma entidade de software que funciona contínua e autonomamente em um ambiente. Um ambiente é um sistema computacional dinâmico, ou seja, um sistema sujeito a variações (inclusões, exclusões, alterações, interações, etc.) decorrente da suas próprias ações, formado por um conjunto de objetos que apresentam um comportamento global, e como sistema, submete-se a Teoria dos Sistemas, de onde advém noções como subsistema, equilíbrio, entropia, entre outras.

Este ambiente pode ser "habitado" por diversos agentes capazes de cooperarem entre si na realização de atividades (cooperação na ação), formando uma sociedade. Tal como considerado por Piaget, esta sociedade é um sistema de obrigações (regras), de trocas (valores) e de símbolos convencionais que servem de expressão às regras e aos valores (sinais). Essas regras, valores e sinais compõem a descrição estrutural da sociedade. Adaptando e aplicando-se esta visão ao ambiente onde os agentes estão inseridos, pode-se proceder uma definição preliminar de estrutura que compreende a Estrutura Material, a Funcional e a Comportamental [COS93].

A Estrutura Material revela descrições estruturais da sociedade, seus elementos ativos (agentes com estruturas semelhantes as dos grupamentos) e passivos (recursos compartilhados pelos agentes) suas regras, valores e sinais. Apesar de imaterial fisicamente, os agentes têm uma estrutura material abstrata formada por componentes computacionais, ou seja, por elementos abstratos capazes de realizar ou sofrer ações computacionais. A Estrutura Funcional revela a sociedade dos agentes em termos funcionais, sem fazer referência aos agentes que a compõem. A Estrutura Comportamental revela a sociedade em termos dos agentes que a compõem e de seus comportamentos.

Particularmente sobre a cooperação entre agentes, Jomi Hubner apresenta a abordagem de "descrição de papéis" dos agentes; é desta maneira que eles se conheceriam para poderem cooperar. Tal descrição pode ser feita pela sua estrutura, pelo seu funcionamento e/ou pelo seu comportamento. A relação destes aspectos é vista de forma que a estrutura possibilita certos funcionamentos, dos quais o agente possui um. Este funcionamento permite que o agente realize um determinado conjunto de comportamentos. Tais comportamentos são a parte externa do funcionamento, a parte observável dele [Hübner 1997]. Assim, para descrever o funcionamento do agente é possível utilizar a noção de processos, visto que estes também descrevem um conjunto de comportamentos. A vantagem desta abordagem, em relação àquela que visa descrever estados mentais (clássica na teoria de agentes), é que não é necessário conhecer o estado mental do agente, visto que esta informação nem sempre é acessível ou confiável.

Quando definido, pretende-se implementar o modelo para agentes computacionais cooperativos piagetianos em linguagem C e em Prolog. Optou-se pelo Amzi! Prolog, uma vez que possui além de um ambiente integrado de desenvolvimento (editor, interpretador e *debugador*) um mecanismo (*Logic Server*) que realiza a integração dos componentes Prolog com linguagens de programação convencionais e bancos de dados.

5. Referências

- [Chiarottino 1972] CHIAROTTINO, Zelia R. **Piaget: Modelo e Estrutura**. Rio de Janeiro: J.Olympio Ed. 1972.
- [Franco 1996] FRANCO, Sérgio R. K. **O Construtivismo e a Educação**. Porto Alegre: Mediação, 5ª ed, 1996.
- [Piaget 1977] PIAGET, Jean. **Psicologia da Inteligência**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977.
- [Piaget 1973] PIAGET, Jean. **Estudos Sociológicos**. Rio de Janeiro: Editora Forense, 1973.
- [Piaget 1976] PIAGET, Jean. **Ensaio de Lógica Operatória**. São Paulo: Editora da USP, São Paulo, 1976.
- [Alavares 1997] ALVARES, Luis Otávio. SICHMAN, Jaime Simão. **Introdução aos Sistemas Multiagentes**. Jornada de Atualização em Informática. Brasília: SBC, 1997.
- [Nwana 1996] NWANA, Hyacinth. **Software Agentes: an overview**. Knowledge Engineering Review, vol.11, n.3, p.1-40, Cambridge University Press, 1996.
- [Costa 1993] COSTA, Antônio Carlos da Rocha. Functional Processes and Functional Roles in Societies of Computing Agents. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Porto Alegre : SBC. p.267-277, 1993.
- [Hübner 1997] HÜBNER, Jomi Fred; COSTA, Antônio Carlos da Rocha. Identificação de Papéis por Observação de Comportamento em Sociedades de Agentes. In: **Dynamis**. Blumenau: FURB, v.5, n.21, p.113-128, 1997.