

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação

Henrique Oliveira da Silva

**Em busca da Aplicabilidade de
Sociedades Artificiais em
Informática Educativa**

Porto Alegre
2006

HENRIQUE OLIVEIRA DA SILVA

Tese submetida à avaliação,
como requisito parcial para
obtenção do grau de Doutor em
Informática na Educação.

Orientador:

Prof. Dr. Dante Augusto Couto
Barone.

Co-orientadora:

Profª. Dra. Cleci Maraschin.

PORTO ALEGRE
2006

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente ao Prof. Dante Augusto Couto Barone que me proporcionou o direito de realizar a pesquisa e que acompanhou minha trajetória desde o mestrado. Foi dele a liberdade para realizar a pesquisa e até mesmo para, por vezes, me deixar errar e acertar. Agradeço também, com mesma intensidade de apreço a Profa. Cleci Maraschin que na reta final me auxiliou a concretizar e organizar o conhecimento que resultou nessa tese.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha família que em todos os momentos de minha vida sempre estiveram presente, me orientando, ensinando e educando.

RESUMO

A principal proposta deste trabalho consiste na exploração e definição de bases teóricas e tecnológicas que possam sustentar a utilização do modelo de sistema computacional, chamado de Sociedades Artificiais, como uma ferramenta de aprendizagem. Parte-se do pressuposto de que uma futura implementação desse modelo gerará um tipo específico de ambiente informatizado de aprendizagem que permitirá simulação social, e que, essa simulação social, orientada segundo mecanismo de interação específico, discutido nesse trabalho, será capaz de gerar a aprendizagem significativa de noções sociais. Constata-se que as ferramentas atualmente utilizadas em informática educativa produzem, essencialmente, dois tipos de ganhos: o ganho de tempo, em função da velocidade de processamento dos computadores; e o ganho de espaço de armazenamento e organização, por manipularem-se dados digitalizados. Esses dois ganhos geram ganhos secundários, principalmente relacionados à produtividade, por permitirem o reaproveitamento, reprodução e distribuição de material digitalizado, na construção de material educacional, de forma rápida e com baixo custo operacional. Contudo, esses benefícios, não exploram todo o potencial da natureza computacional da informática. Defende-se a idéia de que Sociedades Artificiais são sistemas computacionais que transcendem os ganhos atuais obtidos em informática educativa, trazendo contribuições significativas para o processo de aprendizagem de noções de interação em ambiente social; por permitirem a interação pró-ativa do aluno com um sistema que produz simulação de interação social complexa não determinista. Portanto, propõe-se uma arquitetura e um modelo de Sociedades Artificiais, juntamente com um mecanismo de interação, que visa à elaboração de um ambiente de aprendizagem informatizado. A metodologia para validação dessa proposição consistirá no estudo teórico e reflexivo das bases conceituais, com ênfase na revisão de Maturana. Acredita-se que o aparato conceitual de Maturana, em particular a Biologia do Conhecer, é suficiente para justificar a elaboração e utilização de Sociedades Artificiais para o enriquecimento do processo de aprendizagem de noções sociais. A contribuição deste trabalho é a produção de material teórico sobre o tema Sociedades Artificiais e a sugestão de um modelo que permite sua utilização em ambientes informatizados de aprendizagem. Sugere-se, em continuidade, a construção de Sociedades Artificiais segundo o modelo aqui apresentado e pesquisas que avaliem os resultados na aprendizagem.

Palavras-chave

Sociedades Artificiais, Informática Educativa, Ambientes informatizados de aprendizagem, Sistemas Multiagentes, Inteligência Artificial

ABSTRACT

The main proposal of this work consists of the exploration and definition of theoretical and technological basis that can support the use of the computational model system, called Artificial Societies, as a learning tool. It is believed that a future implementation of this model will generate a specific type of a computer based learning environment that will allow social simulation, and this social simulation, guided by the specific interaction engine argued in this work, will be capable to generate a significant learning of social concept. It is established that the tools currently used in educative computer science produce, essentially, two types of benefits: the time benefit, due to the speed processing of the computers and the benefit of storage space and organization, by manipulation of the digital data. These two profits generate secondary gains, mainly related to the productivity, by allowing the reutilization, reproduction and distribution of digital contents, in the construction of educational content, with fast and low operational cost. However, these benefits, do not explore all the potential of the computational nature of computer science. It is considered the idea that Artificial Societies are computational systems that exceed the current advantages in educative computer science, bringing significant contributions in the learning of interactive social notion in social environment, by allowing a pro-active interaction of the apprentice with a system that produces a complex non-determinist simulation of social interaction. Therefore, an architecture and a model of Artificial Societies are considered together with a interactive mechanism that aims at the elaboration of a computer based learning environment. The methodology to validate this proposal will consist of the theoretical and reflective study of the conceptual basis, with emphasis in the revision of Maturana. It is believed that the conceptual base of Maturana, mainly the Biology of Knowledge, is enough to justify the elaboration and use of Artificial Societies in the learning process. The contribution of this work is the production of theoretical material on the subject Artificial Societies and the suggestion of a model that allows its application in computer based learning environments. It is suggested, for future research, the construction of Artificial Societies according to the model presented here, as well as research on the benefits of learning in specific groups that might use such technology.

Keywords

Artificial Societies, Educative Computer Science, Computer based Environments Learning, Multi-agent Systems, Artificial Intelligence

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	10
1.1.Contextualização.....	12
1.2.Objetivos do Trabalho.....	14
1.3.Hipótese de trabalho.....	15
1.4.Metodologia.....	15
1.5.Estrutura do Texto.....	16
2.PESQUISA DE CAMPO.....	18
3.AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA EM INFORMÁTICA EDUCATIVA.....	21
3.1.Informática x Computação.....	21
3.2.Automatização x Informatização.....	24
3.2.1.Ganhos de Automatização.....	25
3.2.2.Ganhos de Informatização.....	28
3.3.Avaliação de Recursos Utilizados em Informática Educativa.....	32
3.4.Uso de Inteligência Artificial em Informática Educativa.....	45
3.5.Utilização de Sociedades Artificiais em Informática Educativa.....	46
3.6.Aplicativos que podem ser Utilizados na Elaboração de Sociedades Artificiais.....	47
3.7.Considerações à Abordagem Tecnológica na Informática na Educação.....	53
4.RETOMANDO CONCEITOS DE APRENDIZAGEM.....	57
4.1.Imersão em algumas idéias clássicas sobre o Conhecimento	58
4.1.1.Idéias.....	60
4.1.2.Percepção.....	61
4.1.3.Memória.....	63
4.1.4.Imaginação.....	66
4.1.5.Pensamento.....	68
4.1.6.Consciência.....	69
4.1.7.Inteligência.....	72
4.1.8.A Discussão de Morin.....	73
4.1.9.Considerações.....	74
4.2.Um percurso pela Biologia do Conhecer.....	75
4.2.1.Conhecer e Aprender.....	79
4.2.2.O Social na Visão de Maturana.....	82
4.2.3.Considerações.....	83
4.3.O domínio sociológico como um domínio de conhecimento.....	84
4.3.1.Método Sociológico.....	84
4.3.2.Alienação Social e Ideologia.....	86
4.3.3.Teorias e escolas adjacentes.....	89
4.3.3.1.Teoria das decisões.....	89
4.3.3.2.Teoria dos jogos.....	90
4.3.3.3.Teoria das Expectativas Racionais.....	90
4.3.3.4.Teoria da Escolha Pública.....	91
4.3.3.5.Teoria da Escolha Social.....	91
4.3.3.6.Teoria Malthusiana da População.....	91
4.3.4.Considerações.....	92
4.4.Aprendendo a Partir de Interações Sociais.....	93

4.5.Mecanismo de Interação Capaz de Produzir Aprendizagens Utilizando Sociedades Artificiais.....	98
5.DISSCUSSÃO DA TECNOLOGIA DE SOCIEDADES ARTIFICIAIS.....	101
5.1.Retomada de Conceitos de Tecnologia de Informática.....	102
5.1.1. <i>Teoria dos Sistemas</i>	102
5.1.2. <i>Modelagem Computacional</i>	103
5.1.3. <i>Inteligência Artificial</i>	108
5.1.3.1. Agentes.....	110
5.1.3.2. Sistemas Multiagentes.....	112
5.2. Ambientes Informatizados para promoção de Aprendizagem.....	113
5.3. Sociedades Artificiais.....	115
5.3.1. <i>Considerações sobre os Princípios que Modelam uma Sociedade Artificial</i>	117
5.3.1.1. Princípios Matemáticos.....	118
5.3.1.2. Princípios Físicos.....	118
5.3.1.3. Princípios Biológicos.....	119
5.3.1.4. Princípios Psicológicos.....	120
5.3.1.5. Princípios Sociais.....	121
5.3.2. <i>Visão Geral sobre a Modelagem de Sociedades Artificiais</i>	122
5.3.3. <i>Estrutura do Modelo de Sociedades Artificiais</i>	123
5.3.4. <i>Simulação</i>	124
5.3.5. <i>Aplicabilidade do Modelo em Educação</i>	126
6.CONCLUSÃO.....	128
6.1. Análise de Tecnologias Utilizadas em Educação.....	128
6.2. Ganhos de Informatização.....	129
6.3. Os Efeitos da Intervenção na Aprendizagem.....	130
6.4. Quanto aos Aspectos de Implementação.....	133
6.5. Resultados Alcançados.....	134
6.6. Trabalhos Futuros.....	135

LISTA DE ABREVIATURAS

EAD	Ensino-aprendizagem à Distância
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IA	Inteligência Artificial
KQML	<i>Knowledge Markup Language</i>
UNFPA	<i>United Nations Population Fund</i>

LISTA DE FIGURAS

Ilustração 1.1: Representação conceitual da proposição.....	15
Ilustração 3.1: Exemplo de um exercício de efeito Doppler aplicado no software Modellus. .	35
Ilustração 3.2: Browser de algumas aplicações criadas no Squeak.....	36
Ilustração 3.3: Exemplo de jogo sendo desenvolvido no GMaker.....	37
Ilustração 3.4: Exemplo de um quebra-cabeça com imagem dinâmica criado em Flash.....	38
Ilustração 3.5: Exemplo de aplicativo sendo desenvolvido em Maya.....	39
Ilustração 3.6: Agente cura no ambiente SIMULA.....	48
Ilustração 3.7: Definição de um comportamento do agente normal.....	49
Ilustração 3.8: Modelo de epidemia sendo executado no Simula 1.0.....	49
Ilustração 3.9: Modelo de simulação de vírus no ambiente Netlogo.....	51
Ilustração 3.10: Simulação de mercado financeiro no Swarm.....	52
Ilustração 3.11: Ambiente de simulação de naufrágio Exodus.....	52
Ilustração 4.1: Sociedade enquanto reflexo da memória coletiva, segundo Iván Izquierdo....	66
Ilustração 4.2: Relação Graus entre graus e modalidades de consciências.....	70
Ilustração 4.3: Consciência ativa e reflexiva segundo a Fenomenologia.....	70
Ilustração 4.4: Principais conceitos da teoria de Maturana.....	77
Ilustração 4.5: Representação dos conceitos abordados pela teoria de Maturana	79
Ilustração 4.6: Mapa Mundi.....	96
Ilustração 4.7: Visão de uma simulação do SimCity 3000.....	97
Ilustração 5.1: Dimensões de complexidade de modelos.....	104
Ilustração 5.2: Exemplos de modelos matemáticos.....	106
Ilustração 5.3: Exemplos de modelos computacionais lógico e descritivo.....	107
Ilustração 5.4: Sociedades Artificiais e sua relação com a modelagem computacional.....	115
Ilustração 5.5: Arquitetura básica de uma Sociedade Artificial.....	116
Ilustração 5.6: Relação entre os princípios que regem os componentes de uma Sociedade Artificial.....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplos de aplicativos e seus dispositivos físicos equivalentes.....	26
Tabela 2: Indicadores de ganhos de automatização.....	27
Tabela 3: Indicadores de ganhos de informatização.....	31
Tabela 4: Exemplos de categorias e seus respectivos aplicativos	33
Tabela 5: Identificação de ganhos por categoria de software.....	40
Tabela 6: Identificação de ganhos por aplicativo.....	42
Tabela 7: Identificação de ganhos por aplicação.....	43
Tabela 8: Exemplo de escolha social.....	91

1. INTRODUÇÃO

Tecnologias de informática tem sido utilizadas em várias áreas do cotidiano. Na educação a tecnologia é aplicada na forma de ambientes de ensino-aprendizagem. Os sistemas são desenvolvidos para auxiliar o processo pedagógico. Dada a amplitude do uso da tecnologia, tais sistemas abrangem desde simples representações da realidade até sistemas complexos de simulação da realidade. Para o desenvolvimento de sistemas complexos são utilizadas tecnologias computacionais avançadas como, por exemplo, tecnologias de Inteligência Artificial. Dentre essas tecnologias, Sociedades Artificiais é o objeto de pesquisa desse trabalho. O objetivo é explorar uma possível aplicação dessa tecnologia em educação. Ou seja, o trabalho consiste na exploração e definição de bases teóricas e tecnológicas que possam sustentar a utilização desse modelo de sistema computacional na educação.

A idéia é utilizar essa tecnologia para a simulação de sistemas sociais complexos, visando suprir a lacuna que existe na utilização de sistemas computacionais para aprendizagem de noções sobre o social. A interação com esse tipo específico de ambiente permitirá ao aluno o aprendizado consciente de noções de interação social humana. Nesse contexto, o uso dessa tecnologia é uma nova proposta de ferramenta computacional de apoio pedagógico.

Durante a pesquisa, constatou-se que as ferramentas atualmente utilizadas em informática educativa produzem, essencialmente, dois tipos de ganhos: o ganho de tempo, em função da velocidade de processamento dos computadores; e o ganho de espaço de armazenamento e organização, por manipularem-se dados digitalizados. Esses dois ganhos geram ganhos secundários, principalmente relacionados à produtividade, por permitirem o reaproveitamento, reprodução e distribuição de material digitalizado, na construção de material educacional, de forma rápida e com baixo custo operacional. Contudo, esses benefícios, não exploram todo o potencial da natureza computacional da informática.

Na pesquisa de campo constatou-se que os sistemas atualmente utilizados para simulação social, apesar de gerarem aprendizado, não permitem ao aluno explorar todo o potencial tecnológico disponível em prol do aprendizado. Diante desse fato, surgiu a necessidade de propor um modelo de implementação de Sociedades Artificiais focado na finalidade da educação, o aprendizado consciente.

Parte-se do pressuposto de que uma futura implementação desse modelo gerará um tipo específico de ambiente informatizado de aprendizagem que permitirá simulação social, e que, essa simulação social, orientada segundo mecanismo de interação específico, discutido nesse trabalho, será capaz de gerar a aprendizagem significativa de noções sociais.

Defende-se a idéia de que Sociedades Artificiais, segundo esse modelo, são sistemas computacionais que transcendem os ganhos atuais obtidos em informática educativa, trazendo contribuições significativas para o processo de aprendizagem de noções de interação em

ambiente social. Esse fenômeno poderá ser observado devido ao fato do modelo ser projetado para permitir a interação pró-ativa do aluno com um sistema que produz simulação de interação social complexa não determinista.

Para fundamentar a proposta do modelo de Sociedades Artificiais, neste caso, uma aplicação e modelo específico de Sistemas Multiagentes – SMA –, foi necessária uma revisão bibliográfica de conceitos que são utilizados, tanto para explicar e justificar a possibilidade de modelagem computacional de fenômenos sociais complexos, quanto para explicar como que a interação com esse tipo de tecnologia pode gerar aprendizado consciente. A reunião desses conceitos resultou na proposta de uma ontologia da simulação social computacional.

Essa ontologia é utilizada principalmente para explicar os princípios de modelagem computacionais que norteiam o desenvolvimento do modelo de Sociedades Artificiais aqui proposto. Porém, os conceitos envolvidos servem também para explicar como o aprendizado ocorre a partir da interação pró-ativa com um sistema de simulação social não determinista.

A fundamentação da ontologia aborda duas vertentes conceituais distintas: as teorias clássicas do conhecimento, baseadas nas teorias de informação; e a Biologia do Conhecer, baseada no aparato conceitual de Maturana.

Com a realização da pesquisa, percebeu-se que o arcabouço conceitual proposto por Maturana e Varela, seriam suficientes para justificar e orientar tanto o modelo computacional quanto o processo de aprendizagem. Porém, optou-se por manter a referência às teorias clássicas, por acreditar-se que, apesar de fragmentadas, elas permitem ao interlocutor compreender o processo como um todo, e que essa compreensão facilita a transição da concepção clássica para a apropriação da nova proposta.

Sendo assim, enquanto revisão conceitual o trabalho abordou: os conceitos clássicos de conhecimento, o arcabouço conceitual da teoria da autopoiese e conceitos de ciências sociais. Enquanto metodologia de pesquisa foi necessário: realizar uma pesquisa de campo para observar a interação de usuários com um ambiente multiagente de simulação social baseado nas tecnologias atuais; definir um mecanismo de avaliação de software educativo que permite classificar os ganhos do modelo computacional proposto; apresentar uma discussão sobre objeto de pesquisa da área de informática na educação com a intenção de delimitar o fato que poderia caracterizar estudos de informática na educação; apresentar uma revisão sobre aplicativos e tecnologias que podem ser utilizadas para a modelagem computacional de Sociedades Artificiais.

Como resultado, o trabalho sugere um mecanismo de interação capaz de produzir aprendizagens utilizando Sociedades Artificiais, e apresenta uma proposta da arquitetura e modelo de Sociedades Artificiais para utilização na educação.

O mecanismo sugerido¹ consiste, basicamente, em, dada uma situação de simulação de interação social inicial, desafiar o aluno a identificar na situação simulada quais os fatores e ações dos agentes que criam o fenômeno social observado.

Trata-se de um exercício de identificação entre causas e efeitos em um ambiente complexo e intrinsecamente relacionado, o que o torna o sistema dinâmico e com causalidade não linear. No qual, o observador sofre interferências da própria decisão de forma recorrente.

¹ Ver sessão 4.5, Mecanismo de Interação Capaz de Produzir Aprendizagens Utilizando Sociedades Artificiais, página 98.

Ao identificar as possíveis relações, o aprendiz pode interagir com o sistema de forma a mudar a sua condição ambiente ou, até mesmo, mudar sua estrutura e observar as alterações ocorridas e, a partir dos resultados, propor a estrutura relacional de interação, ou de acoplamentos, do sistema observado. É um resgate do exercício da caixa-preta, realizado em laboratórios de cibernética, porém, com a diferença de que, as ligações internas da caixa-preta agora são dinâmicas e não previamente determinadas.

Nessa interação, o conceito de Maturana explorado é o de acoplamento estrutural. Ao invés de identificar ligações, o aluno reflete sobre os acoplamentos entre as entidades do sistema e sobre as perturbações que estes exercem umas sobre as outras.

O uso da fundamentação teórica associada a interação com a simulação descrevem o mecanismo. A sua aplicação colabora para que o aluno elabore uma visão sistêmica das interações sociais, isto é, elabora o pensamento sistêmico que irá auxiliá-lo no tratamento de situações complexas.

Esse mecanismo foi sugerido ao observar-se, na pesquisa de campo, que a mera interação com o ambiente de simulação social não desperta no observador a reflexão. Isso quer dizer que, para que haja aprendizagem significativa na utilização de tecnologia de Sociedades Artificiais, além da interação pró-ativa do aluno com um sistema de simulação social não determinista, é necessário a intervenção e orientação de um mediador no processo de aprendizagem.

Além de ser utilizado na elaboração da mecanismo de aprendizagem, o aparato conceitual de Maturana, é também utilizado na proposta da arquitetura e do modelo de uma Sociedade Artificial para uso em informática educativa. Nesse caso, é útil por permitir o tratamento do problema do determinismo implícito em sistemas computacionais, pois, a noção de determinismo estrutural demonstra que a estrutura determinada do sistema pode definir sua deriva ontogênica, mas não é capaz de determinar o comportamento do sistema em determinado momento, ou seja, apesar de possuir uma estrutura determinada essa estrutura não torna o sistema determinista.

1.1. Contextualização

O termo Sociedades Artificiais foi apresentado inicialmente pelo prof. Dr. Dante Barone como nome de uma disciplina de tópicos avançados no Programa de Pós-graduação em Computação (PPGC) do Instituto de Informática da UFRGS em 2002. Como resultado dos trabalhos realizados na cadeira, publicou-se o livro Sociedades Artificiais: a nova fronteira da inteligência nas máquinas (Barone, 2003). O livro é uma organização de vários tópicos sobre Inteligência Artificial – IA – que juntos são, ou podem ser, utilizados na concepção de Sociedades Artificiais.

A proposta surgiu ao delinear-se na IA uma área de pesquisa passível de investigação. Apesar da disponibilidade de estudos avançados de componentes de IA, a organização proposta para estes componentes permitiria a elaboração de uma nova abordagem do conceito de Sociedades Artificiais. Elaborou-se então, um capítulo que abordava especificamente o assunto e traçava os primeiros esboços do que seria o objeto de estudo desta concepção.

Partiu-se da idéia de que, dadas suas características iniciais, a área de Sociedades Artificiais necessitava de uma delimitação do seu objeto de estudo e de seu escopo de

abrangência. Definiu-se que o estudo de Sociedades Artificiais seria o estudo da dinâmica de agentes de software, pertencentes a um Sistema Multiagente, passíveis de simulação social, ou seja, uma Sociedade Artificial é uma proposta de utilização combinada de tecnologias de IA, que visa a elaboração de um ambiente de simulação social. Vale salientar que esta definição não restringe o conceito de simulação social meramente à simulação social de coletivos necessariamente humanos.

Por abranger o conceito de comportamento social, apontava-se que deveriam ser considerados estudos de sociologia, por ser esta uma das ciências que também estuda o comportamento social, apesar de possuir uma abordagem diversa daquela adotada nos estudos de IA. Dessa forma, a pesquisa abriria a possibilidade de se construir contribuições significativas, ou seja, poder-se-ia ir além dos estudos que abordam cooperação, colaboração e tomada de decisão estudados em teoria dos jogos, e tratar-se de situações complexas como luta de poder, senso comum, normas, valores, instituições, ideologias, etc.

O princípio que sustentou essa indicação consiste na crença de que existe uma estrutura regente do comportamento social, e que, o comportamento social de coletivos humanos, assim como de qualquer outro sistema social, está sujeito a uma determinada estrutura. A modelagem computacional dessa estrutura, a exemplo do que já é realizado em teoria dos jogos, nos permitiria tratar problemas complexos através da analogia entre esses sistemas e os modelos computacionais de comportamento social criados.

A utilidade desse modelo que postula uma estrutura que determina o domínio de estados possíveis de um sistema social reside na possibilidade de solucionar problemas complexos através da interação dinâmica de agentes. Do ponto de vista da educação, o modelo de Sociedades Artificiais pode ser útil para aprendizagem de noções advindas de diversas características da interação entre agentes a partir da interação pró-ativa com um ambiente de simulação social.

É conveniente lembrar que a busca de conhecimento na ciência, independente da área, em algum momento visa o tratamento de problemas complexos. Sendo que, o conceito de tratamento de problemas complexos significa encontrar uma organização de conhecimento que nos permita alcançar um objetivo, envolvendo assim o processo de tomada de decisão. Por dedução podemos considerar que tecnologias de IA, de computação, ou o conhecimento de qualquer outra área da ciência, são ferramentas de apoio no processo de tomada de decisão, e que, a tomada de decisão é um dos modos coletivos através dos quais organizamos nosso viver e sobreviver. Portanto, a interação com uma simulação social pode promover intervenções de aprendizagem na tomada de decisão em ambientes sociais.

As Sociedades Artificiais seriam então ferramentas que nos permitiriam lidar com problemas complexos que pudessem ser tratados através da interação social. A partir da observação de um ambiente de simulação de comportamento social e da interação com esses ambientes, poder-se-ia aprender sobre o mecanismo de tomada de decisão social.

O que a diferenciaria de outras técnicas de IA é que a sua dinâmica seria definida pela sua dinâmica estrutural e não por modelos axiomáticos externos ao sistema, ou seja, que foram criados fora do sistema e inseridos no mesmo. Portanto, a tomada de decisão em situações de conflito, dentro de uma Sociedade Artificial, seria definida pela cadeia organizada de interações sociais predecessoras ao evento e não por um modelo² matemático

² Ver sessão 5.1.2, Modelagem Computacional, página 103.

previamente determinado, como por exemplo, no caso de uma escolha aleatória gerada por um processo gerativo de valores randômicos.

Em ciência da computação esta seria uma contribuição suficiente. Teríamos uma tecnologia que nos auxiliaria principalmente no processo de modelagem computacional de problemas complexos. Além de facilitar a modelagem, esta tecnologia nos auxiliaria no tratamento de problemas complexos, a exemplo do que já acontece com outras áreas de pesquisa da IA.

Mas para a educação, essa seria uma contribuição suficiente? Como poderíamos utilizar as Sociedades Artificiais em educação? Qual a metodologia que poderia justificar o uso de Sociedades Artificiais em educação? Que tipo de aprendizado poderia ser explorado?

As Sociedades Artificiais que foram concebidas como uma ferramenta de apoio ao tratamento de complexidade em processos que exigem tomadas de decisão, agora deveriam ser encaradas como uma ferramenta de aprendizagem.

Por compreender-se que a preocupação da computação é o fim enquanto que a preocupação da educação é o processo, concluiu-se que, o uso de Sociedades Artificiais seria viável, desde que, fosse definido ou formulado um mecanismo de interação capaz de produzir aprendizagens. Percebeu-se que a mudança de contexto poderia envolver a reformulação do modelo e objetivos iniciais das Sociedades Artificiais³.

A partir desses questionamentos definiu-se que era necessário pesquisar as bases teóricas e tecnológicas, que envolvem tanto o aprendizado quanto a modelagem computacional, que poderiam sustentar o uso de Sociedades Artificiais em informática educativa.

Era necessário também definir que tipo de intervenção de aprendizado poderia ser explorado com essa tecnologia. Dada a característica de interação social dos ambientes de simulação social, o que poderia ser explorado seria justamente o aprendizado sobre interação social verossímil à humana, focando-se a compreensão dos processos que envolvem tomadas de decisão em ambiente social.

1.2. Objetivos do Trabalho

A partir das questões que foram levantadas, ainda na fase de concepção da idéia de Sociedades Artificiais, sobre sua utilidade fora da área da computação, mais especificamente na educação, definiu-se o objetivo, ou a proposta, principal deste trabalho:

a investigação e definição das bases teóricas e tecnológicas que são passíveis de sustentar a utilização do modelo de sistema computacional, chamado de Sociedades Artificiais, como tecnologia e mecanismo de interação capaz de produzir aprendizagem de noções de interação social verossímil à humana, focada na compreensão dos processos que envolvem tomadas de decisão em

³ Em computação, a proposta de Sociedades Artificiais consiste em criar um ambiente de interação social capaz de solucionar problemas complexos de forma não determinista, ou seja, a solução do problema é alcançada pela atuação de agentes sociais e não necessariamente por um modelo matemático pré-estabelecido. Nesse caso a solução do problema é o objetivo, já em educação o objetivo seria aprender a partir da observação da interação dos agentes.

ambientes sociais, a partir da interação pró-ativa de estudantes, que pudessem trazer ganhos significativos na aprendizagem baseada em informática educativa.

A partir da proposta principal, direcionou-se a pesquisa para dois aspectos centrais:

- a) a pesquisa de teorias e tecnologias que podem ser utilizadas na modelagem computacional de Sociedades Artificiais;
- b) a pesquisa de teorias de aprendizagem e de ciências sociais que podem contribuir para a aprendizagem e compreensão de noções sociais;

Ambos os aspectos visam à fundamentação, e elaboração, do mecanismo de interação e do próprio modelo de Sociedades Artificiais, que viabilize sua aplicação em informática educativa e que promova ganhos em relação às tecnologias atuais. A partir disto, estipularam-se os seguintes objetivos secundários a serem alcançados:

- a) realizar uma análise de tecnologias disponíveis atualmente utilizadas em informática educativa visando identificar os ganhos que essas tecnologias oferecem;
- b) avaliar ambientes computacionais disponíveis que permitam a construção de Sociedades Artificiais, e propor como estes podem ser utilizados no processo de aprendizagem especificado;
- c) definir o tipo de aprendizado que pode ser explorado com a utilização de Sociedades Artificiais, e, a partir disto, identificar ou elaborar um mecanismo de interação capaz de promover aprendizagem do tipo de aprendizado identificado;
- d) propor uma arquitetura e modelo que permita a elaboração de um ambiente de aprendizagem informatizado baseado na concepção de Sociedades Artificiais;

1.3. Hipótese de trabalho

A proposição defendida é a de que Sociedades Artificiais são sistemas computacionais que transcendem os ganhos atuais obtidos em informática educativa, por permitirem simulação de interação social complexa não determinista, e por permitirem a interação pró-ativa do aluno com o sistema. Sendo que, estas duas características, associados a um mecanismo de interação, trazem contribuições significativas no processo de aprendizagem, baseado em informática, de noções de interação social. A Ilustração 1.1 apresenta uma representação conceitual dessa proposição.

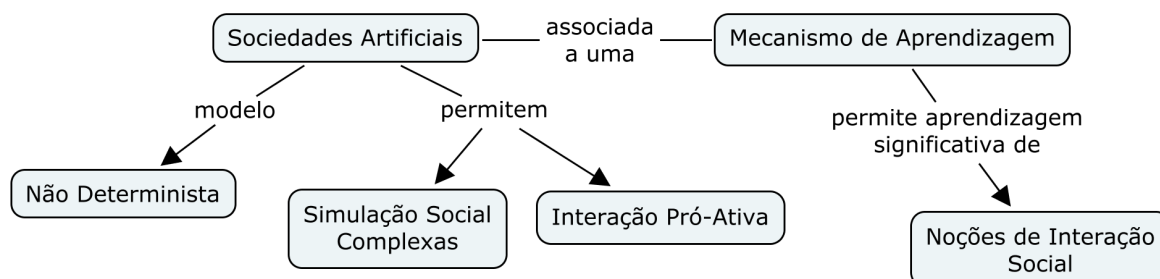


Ilustração 1.1: Representação conceitual da proposição

1.4. Metodologia

De um modo geral, a metodologia utilizada para realizar a pesquisa, utilizou-se duas abordagens: avaliação de software e o estudo teórico-analítico. A avaliação de software

envolveu a utilização de softwares, específicos ou não, utilizados em informática educativa. O estudo teórico envolveu a análise de teorias de aprendizagem, de teorias do conhecimento e de teorias de ciências sociais.

Optou-se pela elaboração de uma metodologia de avaliação de software, ao invés da utilização de alguma metodologia existente, por entender-se que tratava-se de uma avaliação de ganhos de tecnologia de informática aplicada à educação, ou seja, um caso específico, no qual, os ganhos deveriam ser interpretados em termos de ganhos de automatização ou ganhos de informatização.

Outras metodologias de avaliação de software educacionais incorporam variáveis que vão além do escopo do trabalho. Além disso, o processo de definição das variáveis que serão utilizadas como identificadores de ganhos, justifica os motivos da escolha dessas variáveis.

O mesmo princípio de avaliação de ganhos foi utilizado para justificar os ganhos em Sociedades Artificiais e, também, para indicar quais as diretrizes necessárias para a elaboração de um modelo de Sociedades Artificiais que promova ganhos de informatização quando aplicadas a processos de aprendizagem em informática educativa.

Já a metodologia de pesquisa dos processos de aprendizagem que podem ser explorados a partir do uso dessa tecnologia, necessitou de uma fundamentação teórica específica. Para poder trabalhar com o aluno noções de interação social através da utilização de simulação social baseada em Sociedades Artificiais, foi proposto um mecanismo de interação, fundamentado na teoria da Biologia do Conhecer, ou Biologia da Cognição, de Humberto Maturana e Francisco Varela (2001). Essa teoria é fundamentada no conjunto de conceitos criado por Humberto Maturana (1997a, 1997b, 1998), para desenvolver e comprovar sua teoria da autopoiese.

Essa abordagem se fez necessária pela dificuldade encontrada na tentativa de se utilizar as idéias clássicas do conhecimento como base teórica para a pesquisa. Tais teorias não permitem explicar porque interação do aluno com um ambiente de simulação social baseado em Sociedades Artificiais poderia promover aprendizagem de noções sociais.

Para evidenciar essa restrição, ao longo da pesquisa são apresentadas visões clássicas do conhecimento em contrapartida à visão da biologia da cognição, utilizada como fundamentação conceitual da pesquisa. A discussão principal se encontra no capítulo Retomando Conceitos de Aprendizagem, página 57. Além de servir para a comparação entre as duas abordagens, optou-se por manter a revisão dos conceitos da visão clássica do conhecimento para servirem de referência no processo de modelagem de Sociedades Artificiais. Na modelagem a compreensão dos conceitos serve como métrica de observação de fenômenos emergentes.

1.5. Estrutura do Texto

O texto foi dividido em cinco capítulos: o primeiro descreve a pesquisa de campo, o segundo versa sobre informática educativa, o terceiro sobre aprendizagem, o quarto sobre a modelagem da tecnologia de Sociedades Artificiais e o quinto capítulo apresenta as conclusões.

O primeiro capítulo apresenta a pesquisa de campo realizada. Através desta foi possível detectar e direcionar os aspectos relevantes a serem pesquisados.

O objetivo do segundo capítulo é apresentar uma avaliação da utilização de tecnologia de informática na educação, focando tanto os ambientes informatizados de aprendizagem quanto em ferramentas disponíveis para a elaboração de material educacional. A avaliação visa a identificação dos ganhos promovidos pelo uso de tecnologia de informática. A partir desta avaliação de ganhos é apresentada uma discussão sobre os ganhos possíveis quando da utilização de Sociedades Artificiais no processo de aprendizagem. Também é apresentada uma pesquisa sobre as tecnologias disponíveis que podem ser utilizadas na concepção e elaboração de Sociedades Artificiais.

O terceiro capítulo discute os processos de aprendizagem e quais os fatores de aprendizagem envolvidos no aprendizado de noções de interações sociais. Apresenta e discute a fundamentação teórica utilizada no trabalho e apresenta o mecanismo de aprendizagem sugerido para aplicação com Sociedades Artificiais. Nesse capítulo é realizada uma retomada de conceitos de aprendizagem. Inicia-se com uma imersão em algumas idéias sobre conhecimento⁴, faz-se um percurso pela teoria da biologia do conhecer de Maturana, que, juntamente com uma discussão sobre o domínio do sociológico⁵, servem como norteadores na elaboração do mecanismo capaz de produzir aprendizagem utilizando Sociedades Artificiais.

O quarto capítulo apresenta uma discussão sobre a modelagem computacional de Sociedades Artificiais que possam ser utilizadas em processos de aprendizagem. Define quais as características necessárias a esse ambiente. Demonstra que a abordagem de utilização e modelagem dessa tecnologia em educação deve ser distinta daquela utilizada em Ciência da Computação.

O quinto capítulo apresenta os resultados alcançados, as conclusões e contribuições obtidas com a pesquisa e também, sugere pesquisas futuras.

⁴ Ver sessão 4.1, Imersão em algumas idéias clássicas sobre o Conhecimento , página 58.

⁵ Ver sessão 4.3, O domínio sociológico como um domínio de conhecimento, página 84.

2. PESQUISA DE CAMPO

A finalidade da pesquisa de campo era observar os resultados de aprendizagem de um grupo de aprendizes durante a interação com um ambiente de simulação social. A partir dessa observação seria possível identificar as bases teóricas de conhecimento necessárias para comprovar a hipótese levantada. Porém, a tecnologia de Sociedades Artificiais ainda não foi implementada, portanto, além de não existir bibliografia que permita a pesquisa específica do assunto, também não é possível a realização de pesquisa de campo em ambientes nos quais, ou com quem, a tecnologia já esteja sendo utilizada. O que existe são sistemas multiagentes que, dependendo do ambiente, podem permitir uma elaboração satisfatória das concepções de Sociedades Artificiais.

Diante dessa realidade procurou-se definir como deveria proceder uma pesquisa de campo para coletar dados que pudessem gerar indicadores sobre o processo de aprendizagem quando da utilização de um ambiente de simulação social.

Optou-se como metodologia pela aplicação de uma entrevista, elaborada através de um questionário simples que permitia respostas livres sobre o assunto. A metodologia consistiu em: definição do assunto a ser explorado, definição da ferramenta de simulação, definição das questões, definição do processo de aplicação do questionário, definição do público de amostragem, preparação do ambiente para aplicação do questionário, aplicação do questionário e avaliação dos resultados.

Determinou-se que o assunto a ser explorado seria: epidemia.

A ferramenta de simulação de interação social escolhida foi o SIMULA 1.0 utilizando o modelo de epidemia descrito na sessão 3.5, Utilização de Sociedades Artificiais em Informática Educativa, página 48.

O questionário aplicado, ver anexo 1, foi elaborado de forma que as questões focassem a condição dos agentes no ambiente, e que, a partir desses se observasse a condição de epidemia.

A estratégia da pesquisa de campo consistiu em apresentar uma breve explicação sobre o conceito de Sociedades Artificiais e sobre o software SIMULA. Essa explicação foi elaborada em PowerPoint e descrevia o ambiente SIMULA sua característica de sistema multiagente, os agentes envolvidos no modelo de epidemia que seria manipulado, e as orientações de como realizar as interação com o ambiente. Não foram apresentadas as interações que existiam entre o agentes.

A apresentação, o preenchimento do questionário e a manipulação do sistema foram realizadas em um laboratório de informática. Toda a condução do processo foi orientada pela apresentação na forma de um assistente, ou seja, a cada vez que o aluno avançava nos slides as orientações do que deveria ser feito eram apresentadas. A apresentação também continha os links para o SIMULA e para os documentos que deveriam ser preenchidos. A única interferência do pesquisador foi a condução e explicação do que seria pesquisado.

A estratégia de preenchimento do questionário consistia em o aluno responder primeiro as questões a partir de seu conhecimento prévio, depois realizar a interação com o ambiente de simulação e novamente responder ao mesmo questionário, sem ter acesso às respostas anteriores.

O público de amostragem foram 23 alunos do curso Normal Superior à distância da Universidade de Caxias do Sul, núcleo de Canela. Na maioria profissionais com formação de nível médio em pedagogia, que possuem competência para operação de computadores, com idades entre 18 e 50 anos. A escolha do público se deu pelo fato de que, além de estarem envolvidos com questões de aprendizagem, já dominavam, pelo menos como usuários, o uso de tecnologia em processos de educação.

A preparação do ambiente de aplicação do questionário se deu pela instalação do software SIMULA em doze máquinas do laboratório de informática do campus de Canela da Universidade de Caxias do Sul. Além do software foi instalada a apresentação em PowerPoint que iria orientar a realização da pesquisa. Também foi instalado o questionário inicial e final, ambos documentos do Word. Toda a operação foi automatizada pela apresentação.

A aplicação do questionário foi realizada em um único dia por questões de disponibilidade do laboratório e dos próprios alunos. Essa limitação dificultou a determinação da pró-atividade do aprendiz por não ser possível realizar diferentes simulações de modo recorrente.

A análise de resultados consistiu na interpretação das repostas dos questionário. Foi realizada uma avaliação qualitativa entre o primeiro questionário e o segundo questionário, que apesar de possuir as mesmas perguntas foi respondido depois da interação com o sistema.

Os resultados demonstraram que houve mudança perceptível entre as respostas iniciais e finais. Porém, acredita-se a variação se deu pelo fato do ambiente permitir ao usuário lembrar de fatos que ele, apesar de já conhecer, não havia citado no primeiro questionário, ou, por tornar claro ao usuário o que estava sendo perguntado.

A constatação de fatos como, por exemplo, a noção de que toda a população pode ser contaminada e de que existe uma relação entre o controle da epidemia e os agentes de cura foi citada apenas por 9% dos entrevistados no primeiro questionário. Nas respostas do segundo questionário essa porcentagem aumentou para 70%. Porém, como a simulação não é controlada, ou seja, não é determinada, não é possível saber se aqueles que não produziram essa mudança de compreensão foram usuários que não a constatarem na simulação. Assim também como não é possível afirmar que essa constatação foi fruto da constatação de uma situação de epidemia ou se foi uma construção decorrente da capacidade de abstração do usuário diante dos três agentes envolvidos na simulação.

A interação com o ambiente serviu para relembrar conceitos que já haviam sido elaborados. Isso foi percebido principalmente pelo uso de termos que não foram apresentados

na simulação, ou seja, ao responder o segundo questionário 26% utilizaram pelo menos um termo relativo ao contexto de uma epidemia que não havia sido apresentado no primeiro questionário. Ao que tudo indica isso pode apenas significar que o observador se situou no contexto, ou seja, depois de interagir ele compreendeu o que deveria ser respondido.

Como o ambiente não é uma Sociedade Artificial propriamente dita, ele não permitiu a interação pró-ativa do usuário, portanto, nem mesmo foi possível ao usuário testar suas hipóteses sobre a interação dos agentes. A sua postura na experiência foi puramente passiva.

Dados esses resultados algumas considerações devem ser feitas. Quanto a elaboração do questionário, inicialmente pensou-se em focar as questões diretamente sobre o assunto epidemia, porém, para isso teríamos que restringir o corpo de amostragem a um público específico. Esse público seria relevante se fossem pessoas que ainda não tivessem elaborados conceitos sobre epidemia. Nesse caso seria possível verificar se o uso desse ambiente promoveria a construção do conceito, porém, isso seria pouco para poder elaborar todo o conceito.

Dada essa restrição optou-se por concentrar as perguntas no que poderia ser questionado às pessoas que já houvessem elaborado o conceito de epidemia, porém, não necessariamente de forma reflexiva, ou seja, pessoas que já conhecem o conceito mas que não haviam refletido sobre quais as interações entre os sujeitos pode promover uma epidemia e quais as interações podem evitar uma epidemia. Essas são interações que poderiam ser percebidas no ambiente de simulação.

Porém, constatou-se que os usuários não conseguiram perceber o problema sob a ótica de identificação de interações entre sujeitos. É provável que esse não seja um questionamento comum, principalmente quando da interação com um ambiente informatizado. Mesmo estando diante da situação que permitiria que os alunos enxergassem essas interações eles não conseguiram identificá-las. Em princípio as respostas foram construídas por suas construções cognitivas pré-elaboradas, mesmo porque o sistema não permitiu ao aluno uma interação pró-ativa evitando assim que este constataste suas hipóteses.

A pesquisa de campo permitiu concluir que a simples observação de um ambiente de simulação não era capaz de promover intervenções de aprendizagem significativas, além de não despertar no observador a reflexão. Seria necessário um mecanismo de interação fundamentada em uma teoria que pudesse ser utilizada para validar a hipótese.

Portanto, definiu-se que a metodologia para validação dessa hipótese consistiria no estudo teórico e reflexivo das bases conceituais de conhecimento disponíveis, com ênfase na revisão de Maturana. Essa abordagem decorreu da crença de que o aparato conceitual de Maturana e a teoria da Biologia do Conhecer, são suficientes para justificar a elaboração e utilização de Sociedades Artificiais no processo de aprendizagem. Essa fundamentação nos permite, através de um único embasamento teórico, contemplar aspectos de aprendizagem, de construção do conhecimento e da natureza de interações sociais, que, de outra forma, necessitariam do uso de teorias adjacentes.

3. AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA EM INFORMÁTICA EDUCATIVA

O objetivo dessa sessão é discutir o que são ganhos inerentes da tecnologia de informática e que tipos de ganhos eles podem promover quando de sua utilização em educação. Para a presente pesquisa a identificação desses ganhos serve como justificativa do porque o uso de simulação social baseada em Sociedades Artificiais promove intervenções de aprendizagem com ganhos distintos daqueles conseguidos em intervenções que não utilizam tecnologia de informática, e até mesmo, porque essa utilização se difere de outras utilizações de tecnologia de informática na educação, transcendendo os ganhos conseguidos atualmente no aprendizado de comportamento social.

A discussão se dá na forma de uma avaliação do estado atual de utilização de tecnologia em informática educativa, focado tanto, nos ambientes informatizados de aprendizagem, quanto, nas ferramentas disponíveis para a elaboração de objetos educacionais.

A discussão começa situando o conceito de informática e computação. A partir desses conceitos é possível indicar quais os tipos de ganhos inerentes à tecnologia de informática. A compreensão desses conceitos permite diferenciar informatização de automatização, ambos os termos utilizados em informática na área de Tecnologia da Informação, que denotam a existência de ganhos de informatização sobre a automatização. Considera-se que a informatização gera ganhos significativos por explorar a natureza computacional da informática, já a automatização apenas transforma em automático um processo já existente. A identificação desses ganhos nos permitirá verificar como estes são considerados em informática educativa.

Defende-se que as Sociedades Artificiais contemplam ganhos de informatização, por isso é apresentada uma discussão sobre a utilização de Sociedades Artificiais no processo de aprendizagem, sugerindo-se que esses sistemas são capazes de propiciar ganhos significativos em informática educativa.

Como não existem implementações específicas de Sociedades Artificiais – por enquanto essa área de conhecimento é mais teórica do que propriamente uma pesquisa que advém do desenvolvimento e implementação tecnológica – são apresentados alguns softwares, baseados em tecnologia de IA, que podem ser utilizados na elaboração de ambientes que contemplam parcialmente o conceito de Sociedades Artificiais.

3.1. Informática x Computação

O termo informática surge da junção das palavras informação e automática. Isso significa que o termo refere-se ao processamento automático de informações. Nesse contexto, o termo processamento automático se restringe somente ao processamento que possa ser

realizado meio digital, ou seja, em computadores digitais. No entanto, essa compreensão do termo descreve apenas o aspecto tecnológico da informática.

O conceito de informática vai além do uso de sua tecnologia e abrange um conjunto de ciências, chamadas de ciências da informação, que são fundamentadas na teoria da informação. Envolve pesquisas sobre: computação, análise numérica, métodos teóricos de representação de conhecimento, modelagem de problemas.

A área de conhecimento de informática possui tanto um campo de pesquisa científica quanto um campo de pesquisa tecnológica. O acoplamento científico-tecnológico da área é percebido quando se indica quais são os principais componentes da informática: hardware, software e peopleware ou liveware.

Esses componentes indicam uma relação dual entre o objeto e sua utilização, nesse caso, entre a tecnologia e sua utilização. Hardware e software referem-se à tecnologia, enquanto que peopleware ou liveware referem-se às pessoas que fazem uso dessa tecnologia.

Enquanto utilização, pode-se fazer a diferenciação entre dois tipos de uso da informática: o uso enquanto fim e o uso enquanto meio. O uso enquanto fim se dá por aqueles que desenvolvem a ciência e a tecnologia da informática. Já o uso enquanto meio refere-se somente aqueles que fazem o uso da tecnologia enquanto ferramenta de apoio em suas atividades.

A pesquisa científica, na informática, está implícita na tecnologia. Partindo do princípio de inovação tecnológica⁶, na qual, a tecnologia é desenvolvida a partir da ciência, pode-se deduzir que não existe tecnologia que não seja oriunda da ciência ou se transforme em objeto de estudo da mesma.

O estudo científico da utilização da tecnologia é basicamente um estudo comportamental. Áreas, como por exemplo, Interface Homem Computador, estudam qual o comportamento do usuário diante de ambientes informatizados. São levados em considerações questões de amigabilidade de interface de sistemas e ergonomia, entre outros.

Ainda no campo de utilização, surgem estudos do comportamento de formação de grupos interligados por computadores, chamados groupware. Os groupware só são possíveis pela utilização de tecnologias de redes. A ciência por trás das redes é basicamente fundamentada na Teoria da Comunicação. Aqui novamente os estudos se dividem em termos de fim, quando se estuda como é possível realizar comunicação através de meio digital, e em termos de meio, quando se estuda a comunicação através de redes.

Já em relação aos seus objetos, hardware e software, a ciência é basicamente a computação. A pesquisa reside em descobrir como que através de uma máquina digital, que possui apenas a capacidade de alteração de estados binários, é possível a realização de cálculos complexos que nos permitem a modelagem de diversas realidades distintas, ou, em outras palavras, como que é possível através de um único tipo de máquina de calcular, que possui apenas a capacidade de mudar 0 (zero) para 1 (um) e vice-versa, simular realidades complexas tais como: máquinas de escrever, câmeras fotográficas, telefone, fax, fichários, etc; e até mesmo, ir além daquilo que pode ser modelado pela mente humana em termos de máquina e chegar a modelar realidades que só existem nessa nova ciência, como realidade virtual, IA, vida artificial.

⁶ Ver definição em VALERIANO (1998).

É interessante lembrar que a única diferença que existe entre hardware e software é que o hardware é a parte do princípio matemático que foi materializado através de componentes eletrônicos. Ao hardware foi delegada a função de mudar o estado de zeros para uns. Sua condição de existência depende da natureza física de materiais chamados de semicondutores. Ao ser aplicada uma corrente elétrica sobre um material semicondutor, dependendo da intensidade da corrente, ele permite ou não a passagem da corrente. O permitir ou não a passagem de corrente é a materialização do conceito abstrato de operação binária, ou seja, permitir a passagem de corrente equivale a 1 (um) e não permitir a passagem de corrente equivale a 0 (zero).

O matemático Allan Turing, *apud* Penrose (1993) e Russel (2004), demonstrou que, dada uma seqüência de passos pré-determinada, em uma máquina chamada máquina de Turing, é possível, através da manipulação de símbolos, resolver-se qualquer cálculo matemático computável. Nesse processo é considerado computável qualquer problema matemático que, ao ser submetido a máquina de Turing, apresente um resultado em tempo finito.

Para Turing, a seqüência de passos pré-determinada é a configuração de determinada natureza física associada a uma codificação de símbolos. A codificação e a decodificação dos símbolos é que permite a realização de cálculos matemáticos. Apesar de ser uma abordagem representacionista, o que permite a realização da computação não são os símbolos, mas sim a dinâmica do mecanismo. Aos símbolos fica somente a incumbência de criar o significado. Ele demonstrou que existe um domínio representacional capaz de ser regido por uma dinâmica bidirecional independente de sua significação.

A tecnologia desenvolvida a partir dessa ciência, associadas a outras tecnologias que também evoluíram a partir dessa pesquisa científica, é o que chamamos hoje de computador. A configuração da natureza física foi elaborada através do comportamento físico de semicondutores, a codificação e decodificação de símbolos foi elaborada através da lógica booleana. A associação sistêmica entre uma entidade física e uma entidade abstrata, criou a estrutura que nos permite realizar computação. Ao aplicarmos novas configurações de manipulação de símbolos a essa estrutura, somos capazes de criar modelos⁷ complexos de diferentes realidades.

Como se trata de uma configuração é necessário que se implemente, na forma de hardware, somente a estrutura computacional. As demais configurações que podem ser aplicadas a essa estrutura são chamadas de software.

Com isso podemos concluir que, dada uma estrutura computacional, a modelagem de uma realidade depende somente da configuração que aplicamos a essa estrutura. É que, a nosso escopo de abrangência depende somente do determinismo estrutural⁸ de nossa estrutura computacional. Como a nossa estrutura computacional possui uma natureza física simples, e como na lógica booleana se vale dessa natureza operacional por completo, ou seja, ambas se contém em si, possuem clausura operacional, o limite de nossa modelagem depende somente da nossa capacidade de configurar a manipulação de símbolos. Isso significa dizer que, qualquer domínio de realidade que possa ser traduzida em termos de manipulação de símbolos e que seja computável, pode ser implementada em um computador.

⁷ Ver sessão 5.1.2, Modelagem Computacional, página 103.

⁸ Ver sessão 4.2, Um percurso pela Biologia do Conhecer, página 75.

A discussão até aqui mostrou que a informática se define no acoplamento de tecnologia e ciência. Mostrou também que a informática pode ser utilizada enquanto meio ou enquanto fim. Demonstrou também que modelagem de realidades em computador depende somente de nossa capacidade de abstrair a realidade em termos de manipulação de símbolos e que a única restrição da estrutura computacional é a realização de operações que permitam alcançar um resultado em tempo finito, ou seja, ser computável. O objetivo até aqui era esclarecer algumas questões referentes aos conceitos de tecnologia e ciência, assim como entre informática e computação. Espera-se ter demonstrado que a tecnologia em informática é apenas o meio enquanto que a computação é a ciência, portanto, o fim.

O próximo passo é discutir o que são ganhos em termos de informática. A diferença entre tecnologia e ciência foi necessária para que possamos identificar os ganhos provenientes da tecnologia e os ganhos provenientes da ciência. A diferenciação entre estes dois tipos de ganhos nos permitirá identificar os ganhos tecnológicos e os ganhos inerentes à natureza da informática que, neste contexto, consideraremos como ganhos reais promovidos pela tecnologia de informática.

3.2. Automatização x Informatização

Como foi visto na sessão anterior, o termo informática traz implícito o conceito de automatização de informação em meio digital. A automatização consiste em tornar um processo automático, ou seja, capaz de realizar-se por conta própria através de um mecanismo. É um conceito mecanicista, que prevê a criação de um mecanismo que realiza uma ação determinada. Essa é justamente a característica mais importante desse conceito. Por um lado, temos a restrição de que a ação é pré-determinada, por outro lado, a ação de um mecanismo pode disparar outros mecanismos e assim sucessivamente, criando um sistema dinâmico não necessariamente determinado, ou, determinado estruturalmente porém não previsível. A organização dos autômatos, processos automáticos, é que vai definir o grau de dinâmica do sistema. O sistema pode ser um simples autômato reativo, que realiza uma ação pré-determinada em função de uma ação de disparo do autômato, ou pode ser um autômato complexo, que realiza múltiplas ações a partir de seu disparo, criando um sistema dinâmico não previsível. Quando o sistema dinâmico realiza alteração da própria estrutura ele passa a ser considerado um sistema dinâmico evolutivo, podendo até mesmo configurar um sistema de comportamento indeterminado.

Apesar de ambos serem casos de automação, os autômatos simples são considerados sistemas deterministas por realizarem uma ação previsível. Já os resultados de autômatos complexos só podem ser determinados através de métodos estocásticos, ou seja, através da análise probabilística dos dados, ou por métodos de previsão de resultados não-determinados, portanto, são considerados sistemas não-deterministas.

O grau de incerteza dos sistemas dinâmicos lhes confere o status de sistemas complexos. Ou seja, a complexidade não está necessariamente na complexidade do sistema, mas sim no grau de possibilidades resultantes de sua operação. É nesse nível de operação que se identifica os ganhos inerentes a natureza computacional da informática, que chamaremos de ganhos reais.

Em Tecnologia da Informação, o termo automatização é utilizado para referir-se a processos que podem ser automatizados através da aplicação direta da tecnologia, sem que haja, necessariamente, ganhos reais, ou seja, sem que a aplicação da tecnologia transcenda o

processo modelado, senão pelos ganhos inerentes à própria tecnologia, são, portanto, ganhos tecnológicos. Por exemplo, um aplicativo de edição de texto é um processo de automatização da escrita de documentos. O processo continua sendo o de escrita de documentos, porém, a ferramenta é baseada em tecnologia de informática, por isso apresenta ganhos, inerentes a tecnologia, tais como a possibilidade de escrever, apagar, copiar, colar, formatar, sem que haja consumo de papel até o momento que o documento está pronto para ser impresso.

Já o termo informatização é utilizado para indicar a aplicação de tecnologia que produz ganhos reais, ou seja, a aplicação da tecnologia transcende o processo modelado e traz ganhos que vão além dos ganhos tecnológicos. A aplicação de tecnologia envolve a reestruturação do processo em termos de uma nova natureza de tratamento de informação em meio digital.

Um exemplo de informatização é a utilização de tecnologias de mineração de dados, *data mining*, baseadas em IA, sobre armazéns de dados, *data warehouse*, para a identificação de comportamento de consumos de produtos. A identificação acontece pela aplicação de regras de pesquisa em bases de dados que permitem identificar o consumo associado de produtos. Porém, o ganho é real quando as regras de comportamento de consumo são criadas não por especialistas da área, mas sim, por sistemas dinâmicos evolutivos e cognitivos, baseados em tecnologia de IA, que inferem tais regras.

Os conceitos de automatização e informatização permitem a identificação de dois tipos de ganhos:

- a) ganhos de automatização, provenientes das diferenças entre processo real e processo automatizado com tecnologia de informática, são os ganhos inerentes à tecnologia;
- b) ganhos de informatização, aqueles que vão além dos ganhos de automatização, transcendem os ganhos inerentes à tecnologia e exploram a natureza computacional da informática.

3.2.1. Ganhos de Automatização

Do ponto de vista econômico, a noção de ganhos de automatização é útil quando da necessidade de identificação do uso correto da tecnologia, ou seja, nesse caso, o uso correto da tecnologia produz ganhos econômicos por diminuir custos e aumentar a produtividade. O problema é que, nem sempre fica claro se os ganhos econômicos foram obtidos pelos ganhos de automatização ou pelos ganhos de informatização. Dessa forma não se sabe onde se está e não se sabe até onde se pode ir.

Em Sistemas de Informação é comum encontrar casos de sub-utilização de recursos de informática. Esse fato se deve basicamente ao histórico uso do computador nas organizações e na forma que ele se integrou ao nosso dia-a-dia.

Na década de 80, fora do âmbito acadêmico e militar, o computador ainda era uma ferramenta utilizada basicamente para fins empresariais. O desenvolvimento de qualquer aplicativo requeria conhecimento específico associado a um árduo trabalho. O custo alto da tecnologia e os resultados inexpressivos de uma “máquina de calcular” que tinha que ser programada, a cada vez que era utilizada, inibia sua utilização pelo público geral.

Gradativamente a evolução tecnológica permite a queda de custos e o aumento da capacidade de processamento dos computadores. Dispositivos de memória auxiliar permitem

a instalação de softwares que eliminam a necessidade do usuário final de realizar programação.

Esse novo cenário faz com que os computadores invadam os lares e passem a fazer parte do dia-a-dia das pessoas. A cada dia novos aplicativos são desenvolvidos com o intuito de facilitar as tarefas diárias. O foco deixa de ser apenas o da elaboração de aplicativos para indústria e comércio.

A arquitetura do computador permite a elaboração de aplicativos que substituem dispositivos específicos como fax, máquina de escrever, telefone, aparelhos de som, pranchetas. Uma gama incrível de dispositivos passa a ser realizada no mesmo equipamento, sendo, que a única coisa que muda é o aplicativo, ou software, que está sendo utilizado. Esse processo é chamado por alguns autores, como TAPSCOTT (1997), de virtualização. Os dispositivos que antes eram físicos agora são virtuais. A virtualização não passa de um processo de automatização, e, portanto, apresenta apenas ganhos de automatização.

A Tabela 1 apresenta uma relação de aplicativos que substituem processos ou dispositivos físicos através do processo de automatização.

Tabela 1: Exemplos de aplicativos e seus dispositivos físicos equivalentes

<i>Aplicativo</i>	<i>Dispositivo/Processo</i>	<i>Automatização</i>
Word, OpenWriter	Máquina de Escrever	Editoração de documentos
PowerPoint	Slides	Apresentações
Bitware Fax, Serviço de Fax	Aparelho de Fax	Envio e recepção de fax
Skype, Gizmo, VoiceIP	Telefone	Comunicação síncrona por voz
Outlook, Opera, Thunderbird	Serviço de Correio	Comunicação assíncrona por envio de mensagens
Chat	Telégrafo	Comunicação síncrona por texto
Fóruns	Listas de discussão	Diálogo por mensagens
Excel, Lotus, OpenCalc	Planilhas contábeis e financeiras	Elaboração e controle financeiro através de planilhas
Real Player, Quick Time, Windows Media Player	Aparelhos de som e tv	Reprodução de músicas e filmes
Gimp, Photoshop, Corel, Fireworks	Equipamento de desenho e fotografia	Processo de elaboração e tratamento de imagens fotográficas e de desenhos
Flash	Atelie de animação	Elaboração de animações e material multimídia
MySQL, Oracle, SQLServer, Access	Arquivos, formulários cadastrais	Armazenamento de dados

É possível identificar três tipos de ganhos no processos de automatização:

- a) o ganho de tempo, em função da velocidade de processamento dos computadores;
- b) o ganho de espaço de armazenamento de dados;
- c) o ganho de operação ou manipulação de dados digitais.

O ganho de tempo se deve a capacidade do computador de realizar grande quantidade de cálculos em curto espaço de tempo. Isso permite, por exemplo, que resultados de somatórios de planilhas sejam calculados quase que instantaneamente, que os cálculos para calcular a trajetória de um objeto sejam calculados em tempo real, que um arquivo de música seja compactado e transferido através de uma rede e descompactado em outro ponto da rede de forma a manter sua continuidade. Esses são exemplos de como a capacidade de processamento do computador pode ser utilizada para promover ganhos de desempenho.

O ganho de espaço de armazenamento se dá pela grande capacidade de armazenamentos de memórias digitais. Por exemplo, se considerarmos que, uma folha de papel no formato carta, possui 80 colunas por 60 linhas, formando uma matriz de 4800 posições, onde cada posição é capaz de armazenar um caracter, podemos afirmar que a nossa folha tem uma capacidade de armazenamento de 4,6875 KB. Um CD, que é capaz de armazenar 700MB, seria capaz de armazenar 149333 páginas. Considerando que no mercado compram-se caixas de folhas de papel contínuo no formato carta, contendo 3500 folhas, e que, usualmente se imprima somente em um dos lados da folha, um CD é capaz de armazenar os dados contidos em 42 caixas de papel. Usando o mesmo raciocínio para um HD de um notebook, que não é maior que um estojo de CD, mas que possui em média 60 GB é capaz de armazenar os dados contidos em 3.657 caixas. Esse exemplo dá uma idéia do ganho que se tem em termos de espaço de armazenamento de dados. Considerando, ainda nesse exemplo, que o tempo de varredura completa e exaustiva do HD, ou seja, caracter a caracter, deve variar entre 10 a 20 minutos, dependendo do processador, é fácil concluir o imenso ganho econômico que se tem com uso de tecnologias de informática, se comparado ao custo do papel, tinta, espaço de armazenamento das caixas e ao custo do trabalho de pessoas realizando o mesmo tipo de varredura dos dados.

O ganho por operação ou manipulação de dados digitais se dá pela possibilidade e facilidade de se alterar, reproduzir e distribuir dados digitais. O processo de digitalização consiste na criação de um modelo⁹ digital que representa uma realidade abstraída. Esse modelo é parte de um processo de codificação e representação simbólica, ou seja, uma configuração binária que representa a realidade. As principais características do processo de manipulação desse tipo de configuração são: facilidade de alteração, reprodução fiel e distribuição através de canais digitais.

A Tabela 2 apresenta as variáveis que podem ser utilizadas como indicadores de ganhos de automatização.

⁹ Ver sessão 5.1.2, Modelagem Computacional, página 103.

Tabela 2: Indicadores de ganhos de automatização

<i>Indicador</i>	<i>Questão</i>	<i>Característica</i>
Tempo	O processo pode ser executado em menos tempo?	<ul style="list-style-type: none"> • Decorrente da capacidade de processamento. • Realiza o processo modelado em menos tempo.
Espaço de Armazenamento	O armazenamento de dados digital ocupa menos espaço físico?	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de armazenar grandes quantidades de dados em pouco espaço físico. • Os dados devem ser digitalizados
Manipulação Digital	Os dados podem ser alterados, reproduzidos e distribuídos através de meio digital?	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil alteração da configuração digital • Permite reprodução fiel do original • Permite distribuição através de meios digitais

Os ganhos de automatização estão relacionados à produtividade, principalmente por permitirem o reaproveitamento, reprodução e distribuição de material digitalizado de forma rápida e com baixo custo operacional.

Porém, os ganhos de automatização, por vezes, não permitem que os usuários enxerguem além das suas realidades modeladas, ou seja, eles consideram o computador como uma mera máquina de substituição de dispositivos que eles antes operavam, sem tomar consciência de que pode estar se alterando os modos de produção dessas atividades e de acoplamento com essas tecnologias.

Nas empresas, quando não se é capaz de diferenciar automatização de informatização, é comum realiza-se a automatização da burocracia ao invés de informatização.

Esse fenômeno ocorre porque os ganhos em desempenho são muito maiores que seu referencial em processos anteriores, e porque não é simples perceber soluções que vão além da suposta mera conversão de processos manuais em processos automatizados. Muda-se a ferramenta, mas não os processos. Não percebe-se que, mais que uma nova ferramenta, a tecnologia de informática cria uma nova realidade que permite a utilização de novos processos, acoplamentos, coordenações de ações, distintos daqueles já existentes.

3.2.2. Ganhos de Informatização

Apesar do benefícios econômicos, os ganhos de automatização não exploram todo o potencial computacional da informática, ou seja, não contemplam os ganhos de informatização. Porém, não é possível determinar se os ganhos de automatização são considerados suficientes por falta de conhecimento dos ganhos de informatização, ou, se pela suposta complexidade em se explorar recursos avançados em computação.

A avaliação ou identificação de ganhos de informatização deve ser compreendida em termos de ganhos que vão além dos ganhos de automatização. Definimos, na sessão anterior, que os ganhos de automatização são aqueles que se referem ao tempo, espaço de

armazenamento e manipulação digital; portanto, qualquer ganho obtido que esteja além dessa definição é um ganho de informatização.

Os ganhos da informatização são provenientes basicamente da capacidade de computação, implícita em tecnologias de informática, associadas a processos de modelagem computacional¹⁰. Mas é a modelagem do problema, sob uma visão sistêmica, associada à tecnologia, que realmente produz os ganhos de informatização.

Por exemplo, vamos considerar a atividade de um professor em sala de aula e o processo de registro de frequência dos alunos. O processo manual consiste no preenchimento do registro de frequência a cada aula. A partir dessa realidade vamos aplicar duas situações de utilização de tecnologia de informática, a primeira demonstrará um ganho de automatização e a segunda um ganho de informatização.

Na primeira aplicação de tecnologia será disponibilizado ao professor um software, que é um editor de documentos que contém o formulário a ser preenchido. O professor pode manipular os registros a qualquer momento, mas só precisa entregar o documento na secretaria no final do semestre. Com esse recurso ele não precisa mais "passar a limpo" o caderno de chamadas. Se for necessária uma alteração basta alterar o documento digital e imprimir-lo novamente. É um ganho de tempo, pois no caso de precisar realizar alguma alteração não será preciso refazer todo o trabalho. Se considerarmos que a secretaria armazena somente as cópias digitais desses documentos então temos também um ganho de espaço. Isso denota que o tipo de ganho nesse caso é um ganho de automatização. É importante lembrar que não importa se o editor de documentos, que permite o preenchimento do formulário, é um editor genérico, como um editor de texto, ou um editor desenvolvido especialmente para aquela tarefa, na forma de um programa. Mesmo sendo um programa específico a única função é o preenchimento de um formulário digital.

Na segunda aplicação, será implantado um sistema de controle de presença na instituição integrado com o sistema de controle acadêmico. Nesse novo cenário, o aluno, ao chegar à sala de aula irá se registrar através de um dispositivo biométrico. O professor não precisa mais controlar as presenças. As faltas podem ser acessadas pelo aluno através do site da instituição. A secretaria pode, a qualquer momento, fazer um levantamento de frequência de alunos para controle de evasão. As informações ficam armazenadas em banco de dados, que, ao serem processados são capazes de gerar informações que podem ser utilizadas em questões estratégicas na instituição. Nesse caso o ganho de tempo acontece não somente pela substituição de uma tarefa manual por uma tarefa em computador, ganha-se também o tempo de realização da chamada que agora não existe mais. A tarefa de controle de faltas por parte do professor deixa de existir e mesmo assim a instituição aperfeiçoa o controle de presença. Houve uma alteração de processos que só foi possível devido a utilização correta da tecnologia. Nesse cenário é possível identificar ganhos que não existiam no cenário anterior.

Outra maneira de identificar o ganho é comparar o processo apoiado com tecnologia de informática com o seu equivalente sem a tecnologia. Um processo de engenharia reversa, no qual se imagina como seria reconstruir o processo informatizado, porém, sem o uso da tecnologia de informática. No caso do exemplo acima, como o controle não é mais realizado pelo professor, seria necessário uma pessoa para controlar a entrada dos alunos. A cada grupo que chegasse, as informações deveriam ser levadas para a secretaria que faria o controle centralizado de faltas. O novo processo manual gera mais trabalho que o processo manual

¹⁰ Ver sessão 5.1.2, Modelagem Computacional, página 103.

original, isso identifica um ganho de informatização. Na automatização o retorno ao trabalho manual geraria no máximo o mesmo trabalho original.

Portanto, podemos dizer que na automatização todo o trabalho apoiado por tecnologia de informática pode ser convertido em trabalho manual, sendo que, após a conversão o trabalho resultante será no máximo igual ao trabalho original anterior ao uso de tecnologia. Já na informatização nem todo o trabalho apoiado por tecnologia de informática pode ser convertido em trabalho manual novamente, sendo que, se for possível a conversão, o trabalho resultante será maior do que o trabalho original anterior ao uso de tecnologia.

A comparação entre processos manuais e processos apoiados por tecnologia de informática nos permite perceber que os processos devem ser considerados dentro de seus respectivos domínios, ou seja, existem processos que só produzem ganhos quando aplicados sem o uso de tecnologia de informática e existem processos que só produzem ganhos quando usam tecnologia de informática.

Os dois cenários aqui criados são exemplos de uma aplicação de Tecnologia da Informação. Em Sistemas de Informação o primeiro caso é considerado apenas a automatização da burocracia o segundo caso é considerado um sistema de informação.

Mas, os ganhos não precisam ser entendidos apenas em termos de processamento de informações, como nos exemplos anteriores. Um outro exemplo válido e de fácil assimilação são o caso da robótica. Vamos considerar a seguinte questão: que diferença existe entre uma cadeira-de-rodas automatizada, ou motorizada, e uma cadeira-de-rodas robotizada? Colocar um sistema de propulsão em uma cadeira-de-rodas, onde o controle de movimentação é feito pelo usuário, é um exemplo de automatização. Existe ganho pelo aumento de autonomia do usuário. Já a cadeira de rodas robotizada também terá um sistema de propulsão, mas além deste, terá sistemas de percepção do meio integrados a um sistema de locomoção que não é controlado pelo usuário. O usuário continuará tendo o controle de locomoção da cadeira, porém, caso ele lance a cadeira sobre algum obstáculo, o controle de locomoção do robô irá desconsiderar o seu comando de locomoção, ou seja, o sistema tem autonomia de tomadas de decisão em certas situações, proporcionando ao usuário maior segurança. Esse é um ganho de informatização aplicado a sistemas eletromecânicos. Nesse caso, sistemas eletromecânicos que possuem ganhos de informatização são chamados de sistemas robóticos.

Outro exemplo útil são as simulações por computador. Ambientes de simulação permitem ao usuário a interação com realidades abstraídas, simuladas, de forma a permitir que este opere o sistema com um grau satisfatório de verossimilhança. Por exemplo, um sistema que simule experimentos de física, pode ser utilizado como abstração de um laboratório de física. O aluno pode realizar experiências físicas através de um ambiente de simulação informatizado e formular compreensões semelhantes àquelas conseguidas em experiências de laboratório. Ou ainda, uma simulação de queimada de floresta, usada para aprender sobre o comportamento do incêndio, pode gerar aprendizado útil sem a necessidade de queimar florestas ou de se esperar um incêndio para que se aprenda algo.

A grande vantagem de simulações é a viabilidade, tanto de custo quanto de execução, de realização da experiência. O custo de uma simulação é menor que o seu equivalente no mundo real. Em alguns casos, como o da queimada de uma floresta, ou a simulação de impacto de projéteis em um corpo humano, a experiência real é inviável por questões éticas e lógicas.

O diferencial de ganhos dos exemplos acima não está necessariamente na tecnologia, mas sim, na sua correta aplicação. Isso significa que os ganhos de informatização são obtidos pela modelagem do problema, ou seja, pela aplicação associada de tecnologias de forma sistêmica e recorrente. O problema de perceber a origem dos ganhos está no fato de existirem ganhos implícitos na tecnologia.

Outro fator a ser considerado é que a maioria das tecnologias são utilizadas direta ou indiretamente na comunicação. Diretamente quando se cria uma rede de comunicação por meio de computador, independente de ser síncrona ou assíncrona. De forma indireta quando a tecnologia é utilizada na criação do material que será utilizado na comunicação. Aqui o ganho do processo de comunicação pode ser confundido com o ganho de tecnologia.

Além destas questões, por se tratar de uma avaliação de aplicativos utilizados em informática educativa, falta fazer uma única pergunta: o aplicativo foi desenvolvido para promover a educação? Essa pergunta é relevante, pois, por ser o processo de educação o problema, a ferramenta tem que levar em consideração metodologias e processos educacionais. Essa variável irá servir para indicar se o uso do aplicativo não é apenas uma adaptação de uma solução genérica. Nesse caso, apesar de possuir ganhos de informatização em outras áreas de aplicação, na educação o aplicativo pode acabar promovendo apenas ganhos de automatização.

A Tabela 3 apresenta um resumo das variáveis que podem ser utilizadas como indicadores de ganhos de informatização.

Tabela 3: Indicadores de ganhos de informatização

<i>Indicador</i>	<i>Questão</i>	<i>Característica</i>
Sistema	É um sistema?	<ul style="list-style-type: none"> • A realidade é modelada a partir de uma visão sistêmica. • Os componentes são interdependentes, inter-relacionados e interatuantes.
Processos	Houve mudança de processo em relação ao seu equivalente real?	<ul style="list-style-type: none"> • Os processos são reformulados. • Os novos processos são inviáveis economicamente se não forem apoiados pela tecnologia de informática.
Autonomia	O sistema possui comportamento autônomo?	<ul style="list-style-type: none"> • Existem modelos que permitem que o sistema tome decisões de forma autônoma em prol do usuário.
Simulação	O sistema permite a criação de simulações?	<ul style="list-style-type: none"> • São verossímeis. • Permitem interação pró-ativa ou passiva • Podem ser deterministas ou não-deterministas • Apresentam ganhos econômicos em relação a sua realização no mundo real. • Permitem a realização de experimentos sem atentar a ética.
Educacional	O aplicativo foi desenvolvido para promover a educação?	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza pressupostos educacionais em seu processo de utilização

É importante lembrar que esses indicadores podem ser utilizados para se realizar tanto medidas quantitativas quanto qualitativas, porém, a medida será realizada sempre em relação ao estado anterior à utilização da tecnologia de informática, ou em relação ao seu equivalente no mundo real.

O objetivo da discussão sobre os tipos de ganhos obtidos com a tecnologia de informática é identificar as variáveis que utilizaremos para avaliar aplicativos. Essas variáveis serão utilizadas na metodologia de pesquisa de avaliação de aplicativos utilizados em informática educativa. O resultado dessa pesquisa servirá como justificativa para a utilização de Sociedades Artificiais em ambientes informatizados de aprendizagem.

3.3. Avaliação de Recursos Utilizados em Informática Educativa

A identificação dos tipos de ganhos nos permite avaliar o grau de contribuição da tecnologia em diversas áreas de conhecimento que se valem da informática como ferramenta de apoio. No caso desse trabalho, a idéia é identificar na informática educativa o que são ganhos de automatização e o que são ganhos de informatização, quando da utilização de tecnologia de informática.

Na informática educativa a principal questão que deve ser considerada pelos profissionais é em que ponto a tecnologia de informática realmente torna-se um diferencial no processo de educação, em contrapartida às demais práticas pedagógicas vigentes. Assim como nas demais áreas, os ganhos inerentes à tecnologia de informática são transferidos para o processo de aprendizagem suportados pelo computador. A questão é até que ponto esses ganhos são significativos enquanto processo de aprendizagem.

O fato de ser uma ferramenta eficiente no processo de comunicação não garante que a educação alcançada seja qualitativamente superior a convencional, pois nesse caso, é o conteúdo que garante a qualidade e não a ferramenta. O uso da tecnologia, enquanto ferramenta de comunicação, só gera ganhos qualitativos se provocar mudanças no processo de comunicação/interação e aprendizagem.

Enquanto ferramenta de apoio ao processo de aprendizagem, o computador por ser apenas uma ferramenta que produz ganhos de automatização, sem explorar ganhos de informatização. No caso da educação, não se trata propriamente de uma automatização da burocracia, como acontece em Sistemas de Informação, mas sim de automatização da informação, ou seja, a informação é armazenada em mídia digital que, associada às redes de comunicação por meio de computador, constituem redes de trocas de conhecimento.

As características de armazenamento, dinâmica e comunicação são basicamente os recursos explorados em Ensino-aprendizagem à Distância – EAD. Até aqui o processo é apenas de automatização da informação. A informação que antes era armazenada em papel, apostilas, livros, ou que era escrita em quadros, passa a ser armazenados em arquivos através de seus respectivos aplicativos. A troca de informações que antes era feita através de recados, de correio ou da troca de livros, passa a ser feita através de chats, fóruns, e-mail ou download de arquivos. Como essas operações ocupam espaço físico inferior ao original, ocorrem em velocidade maior e permitem a comunicação entre pessoas sem a necessidade de

deslocamento físico, obtém-se um ganho de automatização, que permite a disseminação do conhecimento de forma rápida e barata.

Porém, isso não representa um ganho qualitativo, ou seja, o teor do conteúdo ainda depende da didática do autor, associado a sua capacidade de traduzir seu conhecimento/habilidade e produzir um ambiente de interação e convivência que pode se dar através de diferentes linguagens de comunicação, seja ela, falada, escrita ou visual. Considerando que o professor possua essa capacidade, ainda falta a transcrição dessa linguagem para o meio digital, realizada através da utilização de aplicativos específicos. Além de detentor de conhecimento o professor passa a ser um diretor de produção, no sentido de produção de indústrias de entretenimento. Não bastasse a nova função de produção, esta é ainda uma atividade de altíssima qualificação, dada a exigência do público acostumado a interagir com produções extremamente profissionais no âmbito do entretenimento. Por vezes, ao invés de arriscar a elaboração de uma produção o professor opta apenas pela conversão de mídia, que neste caso, promovem apenas ganhos de automatização.

Essa conversão pode ser realizada através da utilização direta de aplicativos com finalidade específica de criação de material digital, como por exemplo, editores de texto, editores de imagens, editores multimídia, editores de som, editores de apresentação, editores HTML. A Tabela 4 apresenta alguns exemplos de aplicativos pertencentes a essas categorias de software.

Tabela 4: Exemplos de categorias e seus respectivos aplicativos

<i>Categoria</i>	<i>Aplicativo</i>
Editor de texto	Word, OpenOffice
Editor de imagens raster	Photopaint, Photoshop, Gimp
Editor de imagem vetorial	Corel, Fireworks, Freehand
Editor de animação 2D	Flash
Editor de animação 3D	Maya, 3D Studio
Editor de multimídia	Director
Editor de apresentações	PowerPoint, OpenImpress
Editor HTML	Dreamweaver, Frontpage, CoffeCup, AceHTML, Sothink, etc
Editor de Jogos	GMaker, RPG Maker

Os aplicativos da Tabela 4 podem tanto promover ganhos de automatização se forem utilizados apenas como ferramentas de conversão de mídia, quanto promover ganhos de informatização se forem utilizados para a realização de produção, só que neste caso, os ganhos serão oriundos da capacidade de produção e não da tecnologia de informática propriamente dita.

Muitos desses aplicativos são vendidos em Suítes, ou pacotes de aplicativos. O objetivo é reunir em um único pacote aplicativos que são usados na solução e problemas específicos. Por exemplo, o pacote OpenOffice, da Sun, reúne os aplicativos necessários para o dia-a-dia de um escritório; o pacote de Web Design da Macromedia reúne aplicativos de tratamento e criação de imagem, de edição de HTML e de edição de animação, cuja utilização

integrada permite a criação de documentos HTML tanto estáticos quanto dinâmicos. A grande vantagem das suítes é a integração dos aplicativos, ou, pelo menos, o fato de serem selecionados aqueles aplicativos que possuem recursos suficientes para solucionar um problema específico. Muitas vezes a utilização integrada de ferramentas de automação permite a criação de sistemas que geram ganhos de informatização. Nesse caso a informatização é conseguida pela integração sistêmica dos aplicativos de automatização.

Um caso particular dessa utilização integrada são os ambientes de autoria, como por exemplo, o *Director* ou o *Authorware*. As ferramentas que integram uma suíte de autoria visam à realização de produções. A idéia de autoria é a reunião de aplicativos que permitam a construção de material multimídia. O princípio de criação desse material é a elaboração conteúdo de comunicação. As ferramentas que integram o aplicativo são ferramentas que permitem criar projetos de comunicação que utilizam diversas linguagens: imagens, sons, texto, animação. Não é uma ferramenta desenvolvida para solucionar o problema da educação, mas, por ser uma ferramenta de produção de material de comunicação assíncrona, pode ser utilizada como ferramenta de apoio ao processo de aprendizagem. Nesse caso, a responsabilidade sobre o conteúdo é do professor, ou seja, enquanto ferramenta sistêmica de elaboração de material multimídia ela apresenta ganhos de informatização, enquanto ferramenta de aprendizagem ela apresenta ganhos de automatização. Quando associamos ao material criado em ambientes de autoria ferramentas de comunicação síncrona, que sozinhas possuem ganhos de automatização, como o *Netmeeting* ou *Breeze*, temos ganhos de informatização pela integração sistêmica de conteúdo e comunicação. Mesmo assim, em ambos os casos, os ganhos em educação dependem do professor e não somente das ferramentas.

Essa constatação denota que os ganhos, além das variáveis já descritas, dependem também do escopo do problema a ser tratado, é, portanto, uma análise relativa. Na informática educativa o escopo do problema é o uso de tecnologia em processos de intervenção que promovam aprendizagem. Nesse contexto existem aplicativos que são criados exclusivamente para apoio pedagógico, como por exemplo, o *Modellus*¹¹, o *Netlogo*¹², o *Squeak*¹³.

O *Modellus* foi desenvolvido para tratar o problema de ensino de matemática através da modelagem matemática. Utiliza ferramentas de automatização integradas em um único ambiente que permite a interação do aluno de forma pró-ativa. Gera ganhos de informatização no processo de aprendizagem por criar um ambiente de simulação a partir da interação do aluno com fórmulas matemáticas. Através desse ambiente o aluno pode ver concretamente o comportamento dinâmico das equações matemáticas aplicadas nos ambiente. Essa ferramenta permite que o aluno realize um experimento em laboratório e depois o reproduza no ambiente do aplicativo, ou vice-versa. A Ilustração 3.1 apresenta uma tela do *Modellus* onde está sendo simulado o efeito Doppler. O frame *Modelo* contém a equação que rege o comportamento do efeito. O frame *Animação 1* contém a reprodução animada do comportamento da equação declarada no frame *Modelo*. O frame *Gráfico 1* apresenta o lançamento dos valores computados a partir da equação e lançados em um gráfico bidimensional.

¹¹ <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/>

¹² <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

¹³ Ver mais em DUCASSE (2005) ou pelo site <http://www.squeak.org/>

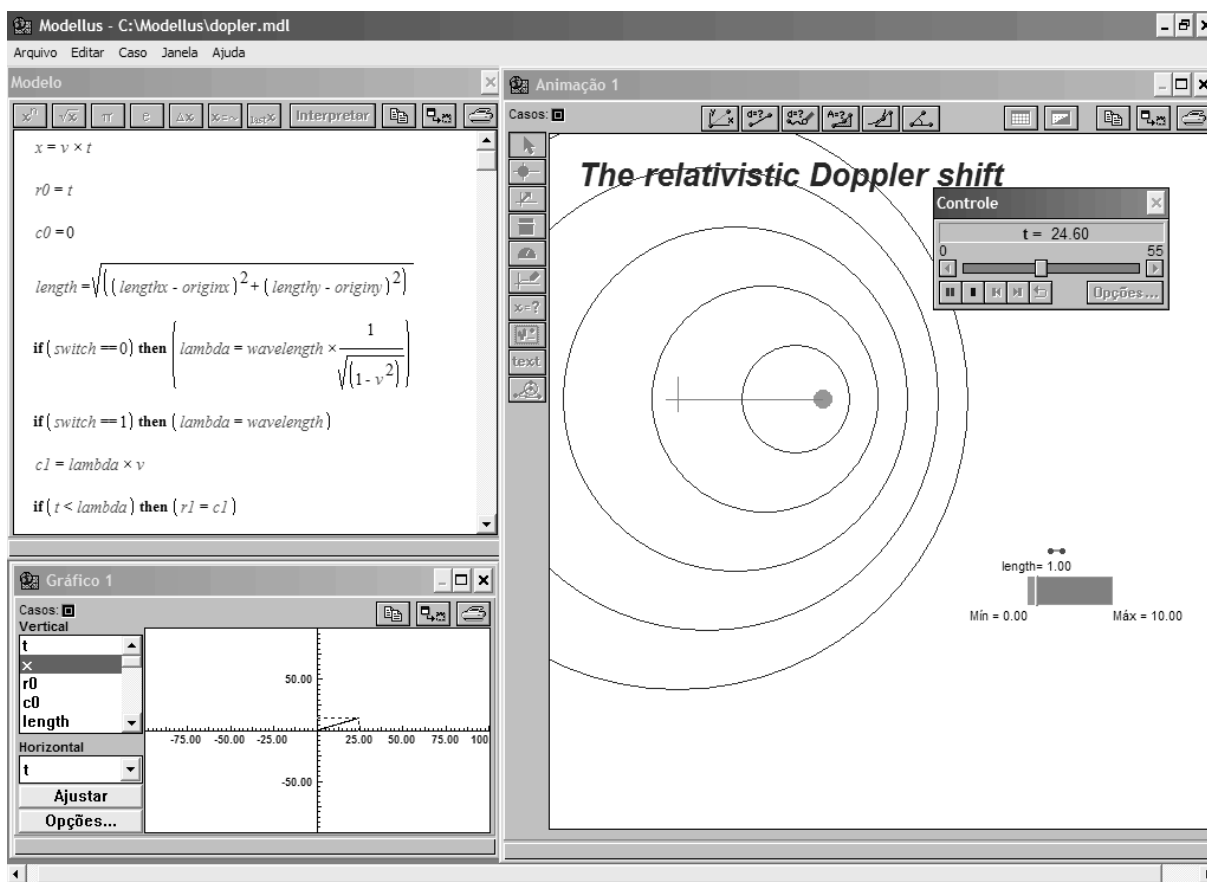


Ilustração 3.1: Exemplo de um exercício de efeito Doppler aplicado no software Modellus

As estratégias de utilização desse aplicativo podem variar desde o aprendizado por observação até a utilização do ambiente pelo aluno na elaboração e aplicação de equações que ele mesmo desenvolva. Quando o escopo do problema é o aprendizado, esse é um exemplo de aplicativo que produz ganhos de informatização.

O Netlogo, Ilustração 3.9, página 52, e o Squeak, Ilustração 3.2, são outros dois exemplos de aplicativos desenvolvidos para serem utilizados em processos de aprendizagem. A diferença básica desses aplicativos em relação aos ambientes de autoria, é que utilizam o conceito de agentes de IA, formando um framework que pode ser utilizado por usuários sem que haja a necessidade de conhecimentos avançados em computação. O problema de aprendizagem que esses aplicativos exploram, ou que podem ser explorados através desses aplicativos é o da programação, ou, de elaboração estratégica de procedimentos. O aluno é incentivado a realizar a programação dos agentes no ambiente, de forma a criar um cenário que seja semelhante a alguma situação real conhecida pelo aluno. A Ilustração 3.2 mostra o browser do Squeak, no qual, existe o link para algumas aplicações criadas pelo próprio ambiente.

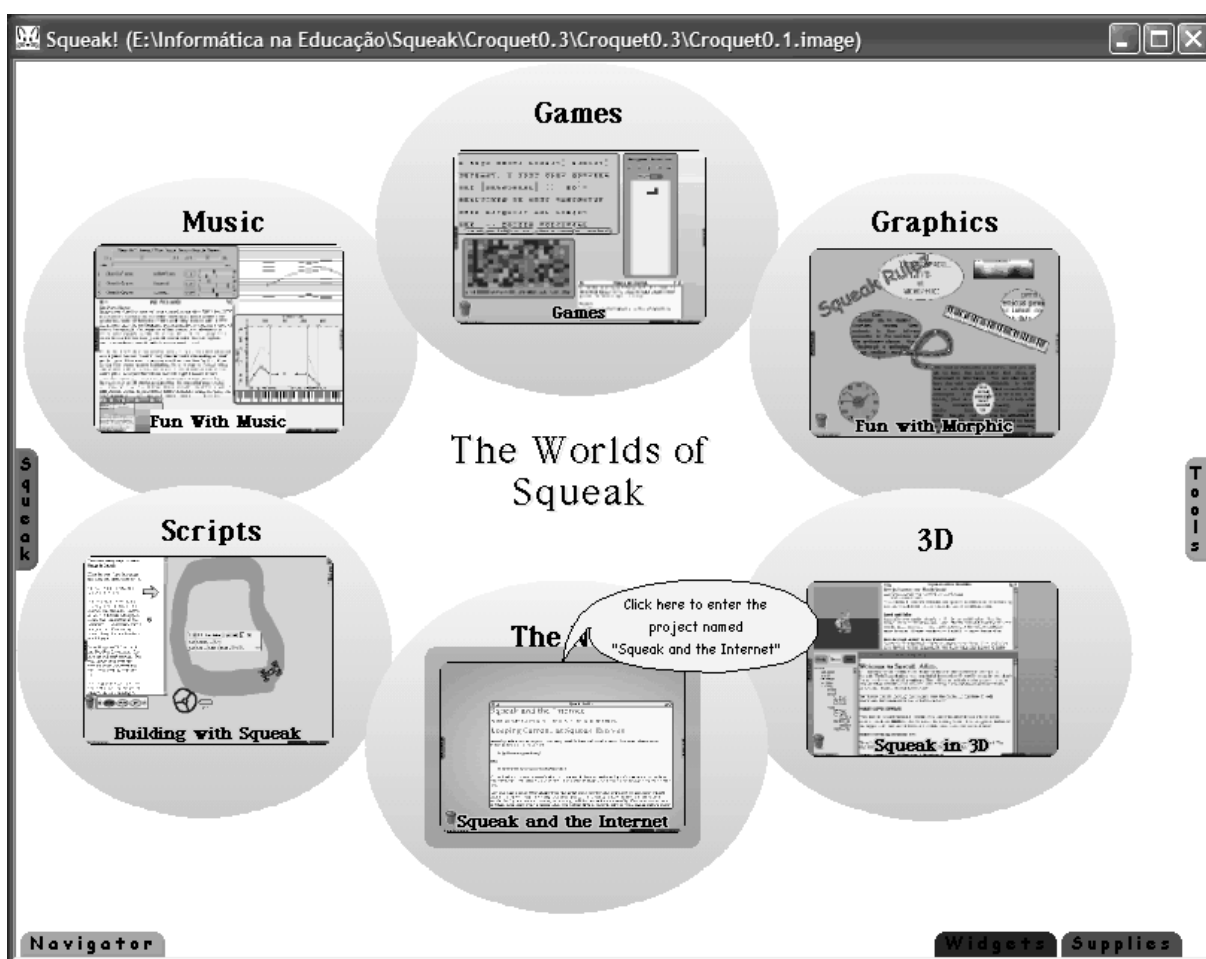


Ilustração 3.2: Browser de algumas aplicações criadas no Squeak

O SIMULA¹⁴ é outro exemplo de aplicativo que cria um framework de agentes, porém, sua concepção inicial não é a solução de problemas de educação, mas sim, a utilização de um sistema multiagente na solução de problemas. A Ilustração 3.8, página 51, mostra um exemplo de utilização do SIMULA.

O CmapTools¹⁵ é um exemplo de aplicativo utilizado como ferramenta de apoio de aprendizado que, enquanto ferramenta só automatiza o processo de construção de conhecimento. O ganho que está por trás do CmapTools é o conceito de mapas conceituais. A elaboração de mapas conceituais é que produz ganhos significativos de aprendizagem, não a ferramenta. O único ganho da ferramenta é substituir o meio físico de desenho do mapa pelo meio digital, ou seja, um ganho de automatização.

Os editores de Jogos, como o GMaker¹⁶, são aplicativos voltados exclusivamente para a elaboração de atividades lúdicas, ou jogos. Como em educação existe a aprendizagem baseada em atividade lúdica, esses aplicativos também podem ser utilizados em educação. A criação de jogos pela conversão de jogos reais, é apenas um processo de automatização, porém, quando o jogo modelado cria um ambiente de interação com o aluno que não existe no

¹⁴ <http://simula.sourceforge.net/>

¹⁵ <http://cmap.ihmc.us/>

¹⁶ <http://www.gamemaker.nl/>

mundo real eles produzem ganhos de informatização. Novamente, o ganho está relacionado ao uso da tecnologia e sua modelagem de realidade. A Ilustração 3.3 mostra uma tela do GMaker quando do desenvolvimento de um jogo para ser utilizado em uma experiência no Hospital de Clinicas de Porto Alegre.

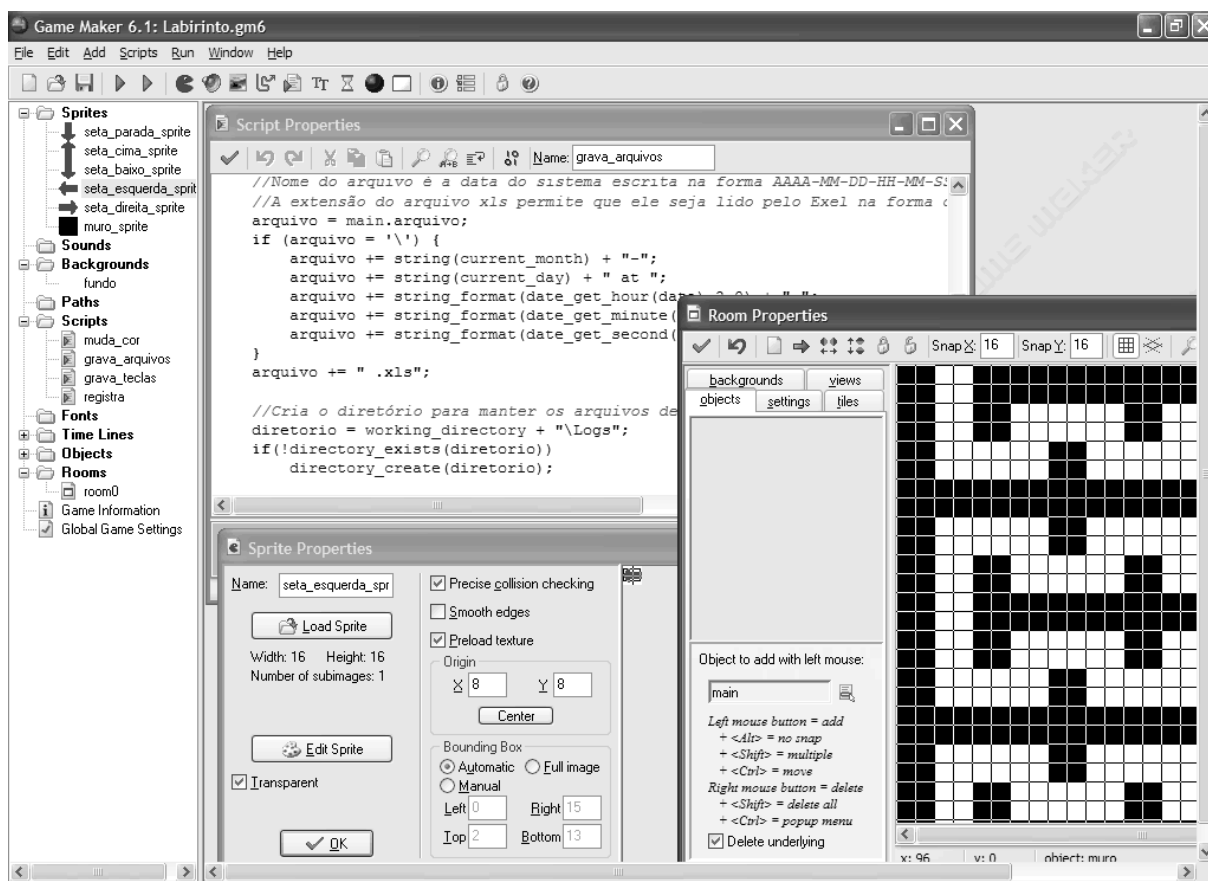


Ilustração 3.3: Exemplo de jogo sendo desenvolvido no GMaker

Porém, um jogo não precisa ser desenvolvido necessariamente em um aplicativo específico como o GMaker. O Flash é um aplicativo largamente utilizado na elaboração de jogos. Assim como nos casos discutidos, o ganho produzido pode ser tanto de automatização quanto de informatização. Por exemplo, se o jogo for um quebra-cabeça com imagem estática, o ganho é de automatização, porém, se o jogo for um quebra-cabeça com a imagem dinâmica, o ganho é de informatização. A Ilustração 3.4 mostra esse exemplo, um quebra-cabeça com uma imagem dinâmica de um pára-quedista. Os encaixes do quebra-cabeça são estáticos mas a imagem está em movimento. Esse exemplo representa um ganho de informatização por não existir como reproduzir esse tipo de quebra-cabeça senão por meio de tecnologia de informática, ou seja, é uma aplicação inerente à informática.

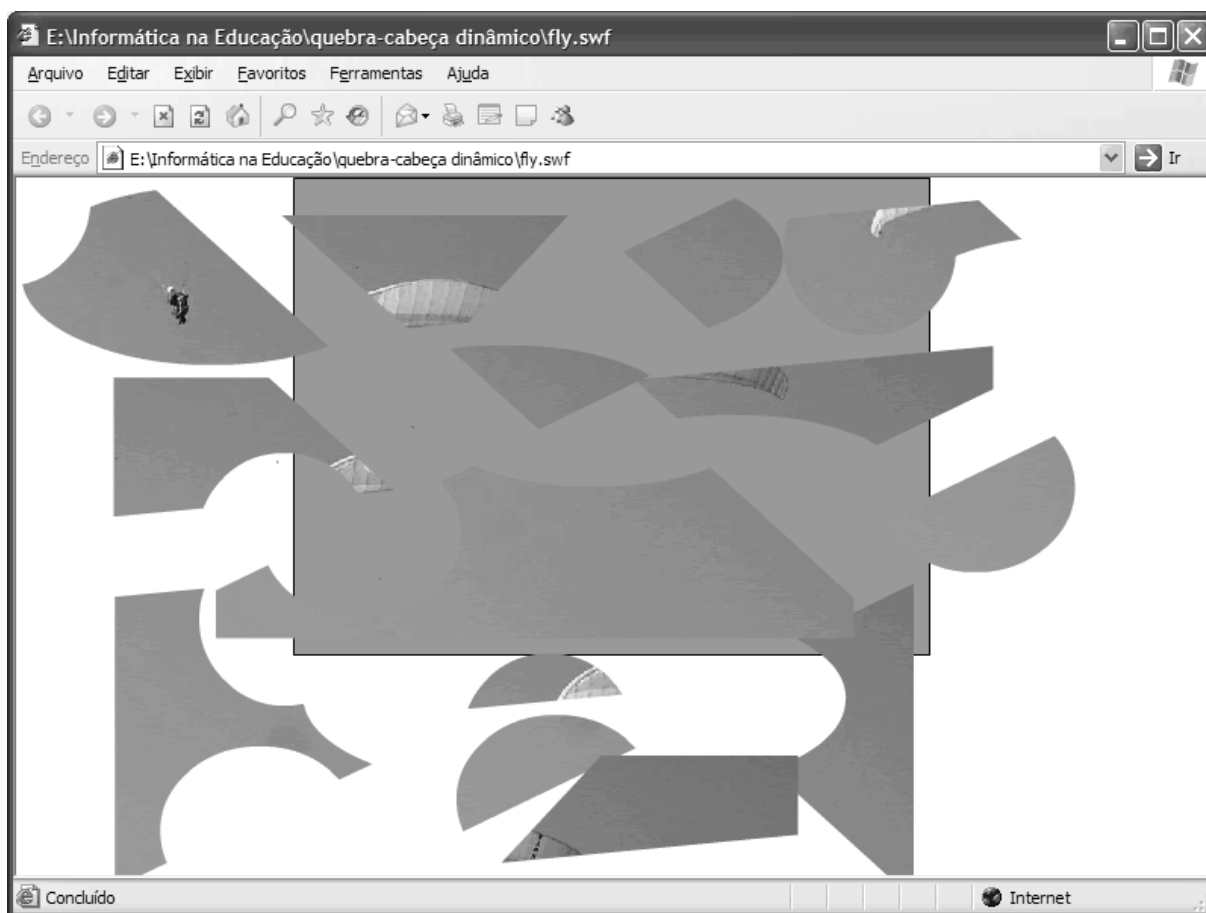


Ilustração 3.4: Exemplo de um quebra-cabeça com imagem dinâmica criado em Flash

A noção de jogos em computador pode trazer uma grande gama de aspectos que podem ser discutidos e comprovarem ganhos de informatização, porém, nem sempre esses ganhos estão ligados diretamente a fatores educacionais. A maioria dos jogos comerciais explora fatores comportamentais mas não educacionais. Mas nesse caso novamente fica claro que o ganho não se deve somente à ferramenta mas sim sua aplicação na modelagem do real.

O Flash é uma ferramenta de produção de material multimídia que possui recursos de animação. A sua utilização permite a criação de arquivos que podem ser integrados em outros aplicativos. Esse é um caso clássico de uma ferramenta utilizada para diversos fins, inclusive na criação de material educacional, e até mesmo objetos educacionais, cujo ganho reside mais na habilidade do professor em realizar produções do que nos recursos da ferramenta. Portanto, ela pode tanto ser uma simples ferramenta de automatização, quanto um ferramenta de informatização. A sua desvantagem é a necessidade de conhecimento avançado para se conseguir melhores resultados.

Assim como o Flash, existem outras ferramentas que podem ser utilizadas como ferramenta de apoio na produção de material educacional. Por uma questão de foco no problema e de lógica de solução do problema, as ferramentas de software são desenvolvidas para a resolução de um problema específico, com é o caso das ferramentas construídas a partir de tecnologia de computação gráfica em 3D, como por exemplo, o Maya¹⁷ e o 3D Studio. A finalidade dessas ferramentas é a modelagem tridimensional de elementos. Os material criado pode ser utilizado em outros aplicativos, como por exemplo, o Flash, ou podem ser

¹⁷ Ver mais em CHRIS (2004) ou pelo site <http://www.learning-maya.com/>

visualizados na web através de conversão dos arquivos em um formato VRML. Além da modelagem, esses programas possuem linguagens de script internas que permitem a elaboração de material com interação pró-ativa por parte do usuário. Por isso, muitas vezes essa ferramentas também são utilizadas na construção de ambientes de jogos ou de realidade virtual. A Ilustração 3.5 mostra o ambiente de desenvolvimento 3D do Maya. O material em 3D na educação tem contribuição significativa por permitir a criação de imagens isomórficas à realidade.

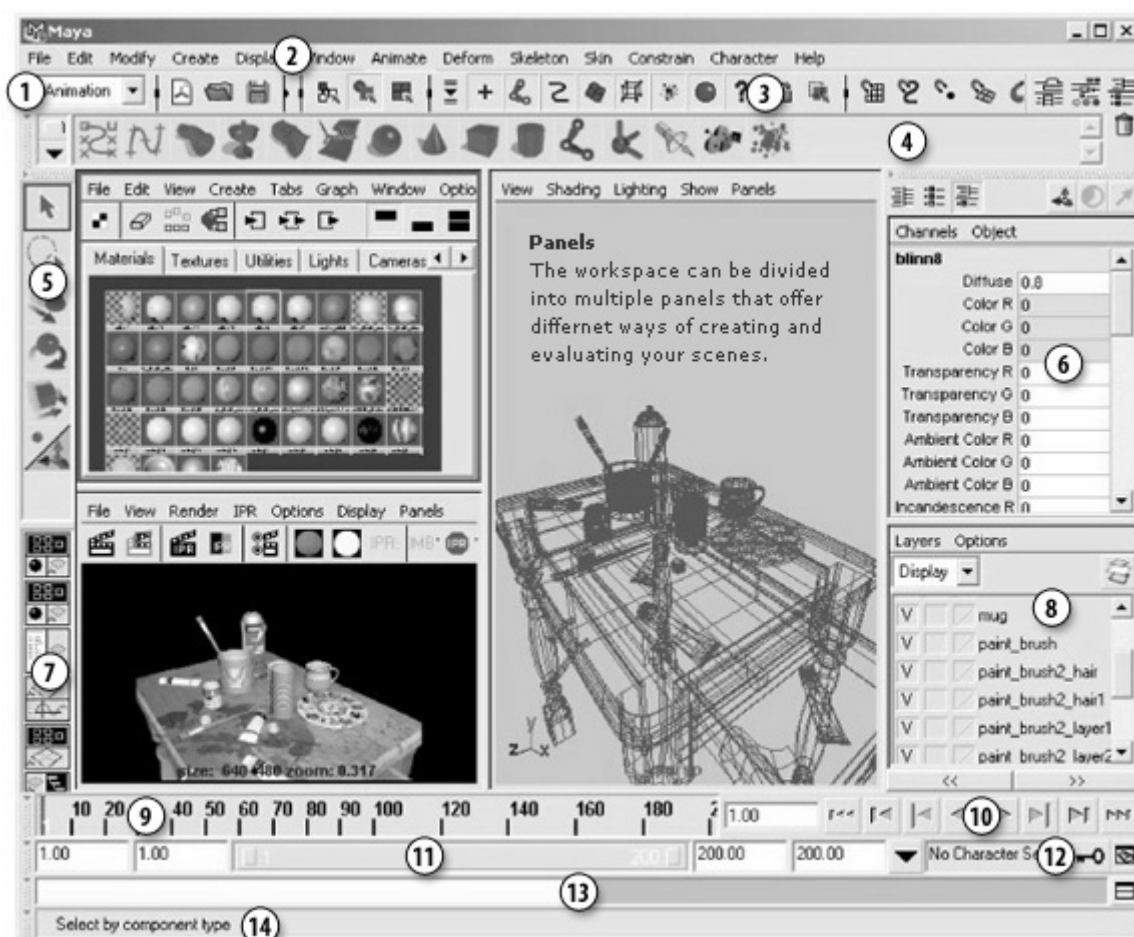


Ilustração 3.5: Exemplo de aplicativo sendo desenvolvido em Maya

Assim como o Flash, editores 3D não trazem consigo vantagens de ganhos de informatização se não forem utilizados associados a outras aplicações, ou se não for modelada uma realidade virtual que transcenda a real, novamente o ganho depende da utilização e não da ferramenta.

Além dos aplicativos apresentados até aqui, existe uma categoria de aplicativo de apoio que é significativa no processo de aprendizagem, são os aplicativos de comunicação por meio de computador, como por exemplo, o Messenger, Netmeeting, Breeze, Skype, Chats, Fóruns, etc. Poderíamos dissertar somente sobre esses aplicativos, mas para esse trabalho basta identificar a natureza desses aplicativos. Como o próprio nome da categoria já diz, são aplicativos utilizados no processo de comunicação, seja ela síncrona ou assíncrona. A grande vantagem desses aplicativos está em estabelecer um canal de comunicação entre dois ou mais usuários. Enquanto ferramenta de comunicação eles produzem apenas ganhos de automatização, porém, quando associados à material criado em outros aplicativos, como por

exemplo, ambientes de autoria, podem se tornar ferramentas de aprendizagem com ganhos de informatização, pois, criam um novo processo de comunicação que vai além da comunicação direta.

A associação de ferramentas de comunicação com ferramentas de produção de material educacional, quando desenvolvidas para funcionarem em redes nos permite a criação de ambientes de EAD. Assim como qualquer outra tecnologia discutida até aqui, esses ambientes podem simplesmente ser uma ferramenta de automatização do processo de educação, e portanto não trazem ganhos significativos, senão os ganhos de automatização, ou podem ser ferramentas que trazem ganhos de informatização se forem recriados os processos de aprendizagem para a nova realidade tecnológica.

O objetivo da discussão sobre os aplicativos apresentados era dar uma visão geral sobre aplicativos que podem ser, ou são, utilizados em processos de aprendizagem e seus tipos de ganhos. As tabelas 5, 6 e 7 apresentam um resumo das avaliações descritivas realizadas, segundo as variáveis, apresentadas nas sessões 3.2.1 e 3.2.2, utilizadas para identificar ganhos de automatização e ganhos de informatização respectivamente. O 'S' significa que existe aquele ganho, o 'N' significa que não existe o ganho e o 'S/N' significa que o ganho pode existir ou não dependendo do produto.

Tabela 5: Identificação de ganhos por categoria de software

<i>Editores</i>	<i>Variáveis de identificação de ganho de automatização</i>			<i>Variáveis de identificação de ganho de informatização</i>				
	<i>Tempo</i>	<i>Espaço</i>	<i>Manipulação</i>	<i>Sistema</i>	<i>Processo</i>	<i>Autonomia</i>	<i>Simulação</i>	<i>Educacional</i>
Texto	S	S	S	N	N	S/N	N	N
HTML	S	S	S	N	N	S/N	N	N
Imagens	S	S	S	N	S/N	N	S/N	N
Animação	S	S	S	N	S/N	N	S/N	N
Multimídia	S	S	S	S/N	S/N	N	S/N	N
Jogos	S	S	S	S/N	S/N	S/N	S/N	N

Na Tabela 5 o que está sendo avaliado são os editores, ou seja, os programas que permitem a edição de determinado material, não o conteúdo gerado pelos editores. Todos eles apresentam ganhos de automatização na criação de seus respectivos materiais, porém, nem todos apresentam ganhos de informatização. Por se tratar de categorias alguns podem ou não apresentar esses ganhos. Pode-se perceber que o número de indicadores de ganhos de informatização é menor nessas categorias do que nas tabelas a seguir. Não existe nem mesmo uma categoria de editores que apresente de forma inerente um ganho de informatização, isso significa que, dependendo do fabricante esse ganho pode ou não ser implementado.

Vamos analisar em que situações pode haver ganho de informatização nessas categorias. Um editor de texto pode apresentar um ganho de autonomia se possuir um corretor ortográfico, ou dicionário de sinônimos, integrado. Alguns também apresentam certo grau de autonomia por possuírem um sistema de ajuda pró-ativo, um agente de ajuda, mas essa solução é um acessório que depende mais do fabricante do que da categoria de software e do problema modelado. No editor de texto, a coluna processo ficou com a indicação 'N' por não se considerar que houve uma alteração na forma de escrever. Porém, se estivéssemos

avaliando um editor de textos colaborativo, no qual a autoria do texto é de vários autores, haveria uma alteração de processo e deveria ser indicado com o 'S'.

Um editor HTML é também um editor de texto, porém, por serem editores de uma linguagem de programação, a autonomia deles acontece através de dicionários da sintaxe da linguagem HTML. É importante lembrar que editores de texto muitas vezes integram ferramentas de design, ou seja, ferramentas que permitem o desenho dentro do próprio documento, nesse caso, o que ocorre é uma automatização da criação de imagens que é integrada ao editor de textos. Poderíamos então colocar o indicador 'sistema' como 'S' por haver a integração sistêmica de duas ferramentas de automatização.

Os editores de imagens que apresentam alteração de processo são aqueles cuja operação de criar a imagem é diferente daquela modelada. Por exemplo, em editores de imagens vetorial a forma de desenhar, ou seja, de resolver o problema, sofre alteração de processo. A maneira de pensar a construção do desenho de forma vetorial é diferente da maneira de pensar o processo de um desenho em papel, muitas vezes fica mais parecida com uma técnica de criação de imagens por recorte do que de desenho de traço.

Os editores de animação, normalmente incorporam um editor de imagens, portanto herdam algumas características de ganhos do editores de imagens. Mesmo assim, o processo de criação de animação é diferente do seu equivalente real. Fora do mundo virtual a animação é feita quadro-a-quadro, nos editores de animação basta indicar o ponto inicial, o ponto final, e o tipo de efeito de movimento que se deseja, o sistema faz então a interpolação do movimento, ou seja, ele calcula todos os frames intermediários dentro da antiga lógica de animação. Se for necessário até apresenta o resultado quadro-a-quadro, mas essa é uma questão apenas de compatibilidade de lógica, pois, depois de criado o desenho os sistemas renderizam as imagens para criar o movimento final e acabado. Nesse processo são utilizadas técnicas de processamento de imagens que são diferentes daquelas utilizadas no mundo real.

Quanto ao indicador de simulação em editores de animação, o que está sendo avaliado não é a simulação da animação criada, mas sim a possibilidade de simulação do resultado da animação em tempo de desenvolvimento. A simulação é um caso delicado de ser analisado, pois, pode-se compreender que a simulação do produto final, nesse caso, a nossa animação poderia ser uma simulação. Por isso é importante salientar que a avaliação da simulação é a possibilidade da ferramenta realizar simulação durante a elaboração do conteúdo e não o conteúdo que é uma simulação. Existem alguns casos, como em programas utilizados em bioinformática, que o próprio editor é o ambiente de execução da animação, nestes casos o editor é também uma ferramenta de simulação.

Editores de multimídia podem utilizar recursos tanto de imagens, quanto de animação, portanto, podem herdar as mesmas características de processos e de simulação. Essas mesmas características se estendem à mídia de som, que não foi discutida em nenhum outro exemplo. A única diferença que existe entre os editores de multimídia é o fato de alguns poderem ser sistemas integrados de outros aplicativos que permitem a criação multimídia. Nesse caso o indicador 'sistema' aceitaria um 'S'.

Editores de jogos podem herdar todos os recursos de editores multimídia e integram ainda linguagens de programação que geram comportamento dinâmico e interativo no seu produto final. Mas a análise é do editor e não do resultado. Nessa análise podemos dizer que existe alteração de processo porque a criação de jogos através de um editor de jogos pode ser diferente da criação de um jogo no mundo real. O editor será um sistema se integrar várias

outras ferramentas como por exemplo, editores multimídia. Esses editores normalmente permitem simulação em tempo de desenvolvimento, sendo que na maioria dos casos quando o projeto está pronto é que irá ser feita a compilação do jogo e criada sua versão de distribuição. O único ganho extra que pode ter em relação aos editores anteriores é o ganho de autonomia que vêm implícito em elementos que podem ser integrado ao jogo, como por exemplo, ação de gravidade sobre objetos que são colocados nos cenários, ou efeitos de colisão. Nesse caso o programador não precisa criar o efeito de ação de gravidade ou o controle de colisão, esses recursos já estão implementados nos componentes do próprio jogo, o que facilita a elaboração de jogos e lhe confere autonomia. Aliás, essa é uma característica que corrobora com a idéia de que os ganhos de informatização não são utilizados por falta de conhecimento de suas possibilidades e não pela sua dificuldade de elaboração.

Os editores de jogos ficaram todos com 'S/N' porque a gama de possibilidades de aplicativos que constroem jogos é muito grande, pode-se partir de uma linguagem de programação pura e ir até editores especializados que automatizam todos os processos, são sistêmicos e produzem ganhos em todos os indicadores.

Pela coluna do indicador educacional dá para ver que todas essas tecnologias, apesar de apresentarem ganhos de informatização em determinadas áreas, podem ser apenas ferramentas de automatização na educação pois não foram desenvolvidas para fins educacionais. O caráter educacional ficará a cargo do professor, é sobre ele que reside a responsabilidade de que o material produzido, ou o processo de utilização da ferramenta, trará ganhos significativos na educação.

Tabela 6: Identificação de ganhos por aplicativo

<i>Aplicativo</i>	<i>Variáveis de identificação de ganho de automatização</i>			<i>Variáveis de identificação de ganho de informatização</i>				
	<i>Tempo</i>	<i>Espaço</i>	<i>Manipulação</i>	<i>Sistema</i>	<i>Processo</i>	<i>Autonomia</i>	<i>Simulação</i>	<i>Educacional</i>
Flash	S	S	S	N	S	N	S	N
Maya	S	S	S	N	S	N	S	N
GMaker	S	S	S	S	S	S	S	N
Modellus	S	S	S	S	S	N	S	S
CmapTools	S	S	S	N	N	N	N	S
Netlogo	S	S	S	S	S	S	S	S
Squeak	S	S	S	S	S	S	S	S
SIMULA	S	S	S	S	S	S	S	S

A Tabela 6 apresenta alguns casos específicos dos editores analisados na Tabela 5, como o caso do editor de animação, Flash, e o editor de imagens e de animação 3D, Maya. Além desses, também são avaliados alguns aplicativos específicos que foram citados no decorrer do texto.

Os dois editores de animação, Flash e Maya, possuem os mesmos ganhos. Como pode-se ver, a configuração dos indicadores é um caso particular daqueles apresentados na categoria de editores de animação. Nesses dois casos existe a reestruturação do processo de criação da animação em relação ao ato modelado, e ambos apresentam a possibilidade de simular seu conteúdo durante o processo de desenvolvimento.

O GMaker é sistêmico por possuir várias ferramentas integradas para a criação do jogo, utiliza um processo especializado de construção de jogo bem distinto da lógica de criação de jogos em mundo real, apresenta componentes de autonomia como simulação de gravidade e colisão, permite a simulação do jogo em tempo de desenvolvimento.

Esses três primeiros exemplos herdam o indicador educacional das categorias de editores, ou seja, nenhum deles foi desenvolvido para solucionar o problema de educação, portanto, são utilizados de forma adaptativa na educação.

O Modellus, por ser um aplicativo específico, apresenta a característica de ser sistêmico por integrar várias ferramentas em um único ambiente. Tem alteração de processo por modificar a maneira como se aprende matemática, não possui indicadores de autonomia mas permite simulação, que é seu principal recurso no processo de aprendizagem, e foi desenvolvido para fins educacionais. Apesar de não ter o indicador de autonomia é um aplicativo que tem ganhos significativos de informatização por apresentar quase todos os indicadores.

Já o CmapTools é uma ferramenta de automatização do processo de criação de mapas conceituais, não apresenta ganhos de informatização, senão por ser uma ferramenta desenvolvida para a representação de conhecimento através de mapas conceituais, isso significa que foi uma ferramenta desenvolvida sobre um pressuposto cognitivo utilizado na educação, portanto é educacional. Mas, apesar de possuir um indicador de ganho de informatização, o ganho de aprendizado se dá pelo fato do aluno criar os mapas, a ferramenta só auxilia por facilitar a criação o que permite que a energia do aluno seja aplicada na solução de construção do mapa e não em detalhes de estética que seriam necessários em um papel.

Os outros três, o Netlogo, o Squeak e o SIMULA, apresentam todos os indicadores. Todos são sistemas, mudam o processo, até mesmo porque não se tem um processo de manipulação de agentes no mundo real, a não ser a interação com outro ser vivo. Os agentes possuem autonomia e executam instruções de alto nível, todos são ambientes de simulação que foram desenvolvidos para serem utilizados como ferramenta de aprendizagem. Nesse caso, o Netlogo e o Squeak, foram criados para ensino da noção de programação para crianças e o SIMULA foi elaborado para a aprendizagem de solução de problemas utilizando sistemas multiagentes. Esses são casos de uso pleno dos ganhos de informatização possível com o uso de tecnologia de informática.

Tabela 7: Identificação de ganhos por aplicação

<i>Aplicações</i>	<i>Variáveis de identificação de ganho de automatização</i>			<i>Variáveis de identificação de ganho de informatização</i>				
	<i>Tempo</i>	<i>Espaço</i>	<i>Manipulação</i>	<i>Sistema</i>	<i>Processo</i>	<i>Autonomia</i>	<i>Simulação</i>	<i>Educacional</i>
EAD	S	S	S	S	S/N	S/N	S/N	S
Comunicação por meio de computador	S	S	S	S/N	S/N	N	N	N

A Tabela 7 apresenta a avaliação, em linhas gerais, de ambientes de EAD. Esses ambientes utilizam muitas das tecnologias antes apresentadas. Apresenta também um grupo que foi discutido anteriormente, as ferramentas de comunicação por meio de computador. Sua colocação nessa tabela se deve somente ao fato desse grupo não se encaixar nem no conceito

de editores e nem no conceito aplicativo específico, também por ser um tipo de ferramenta essencial no desenvolvimento de ambientes de EAD.

Os ambientes de EAD são sempre um sistema, pois, integram várias tecnologias. Podem ou não realizar mudança de processos, nesse caso os processos são os processos de aprendizagem ou metodologias. Podem apresentar componentes com comportamento autônomo que auxilia no processo, como por exemplo, agentes pedagógicos. Podem ou não apresentar componentes que produzem simulação, nesse caso conteúdo e ambiente se misturam em um único sistema, um exemplo seria um link em um ambiente de EAD para uma página com simulação elaborada com o Netlogo. São ambientes desenvolvidos para fins educacionais, porém, isso não garante que eles irão utilizar princípios educacionais. Sendo que essa nem é uma questão de vontade do projetista, mas sim um risco de não conseguir contemplar os pressupostos pedagógicos pela ilusão de ganho provocada pelo uso da tecnologia.

Já as ferramentas de comunicação por meio de computador podem ser apenas ferramentas de automatização do processo de comunicação. Se elas não forem sistemas, por não integrarem vários canais de comunicação em um único sistema, elas raramente modificaram o processo de comunicação. Além disso, sua finalidade é a comunicação, como a educação depende da comunicação elas são utilizadas como ferramentas de apoio. É interessante apontar que nesses tipos de ferramentas o ganho de tempo se dá por uma questão geográfica. Ganha-se tempo por não precisar se deslocar para poder ver, ouvir e falar com outra pessoa.

Quando se busca ganhos significativos através do uso da tecnologia, ou seja, ganhos de informatização, é preciso mais do que a simples aplicação da tecnologia, é preciso uma estratégia de utilização que está no produtor do material, essa estratégia depende da sua concepção dos ganhos possíveis com o uso de tecnologia, no jargão popular diria-se que é preciso ter "visão". Para que se possa ampliar essa concepção é preciso conhecer a tecnologia e saber o que se pode conseguir com ela, e também saber como se deve utilizá-la. No caso desse trabalho o uso da tecnologia deve ser voltado para a solução de problemas de aprendizagem. O indicador educacional serve para lembrar de questionar se aplicativo foi elaborado para solucionar problemas educacionais. Os aplicativos que foram elaborados com essa finalidade devem implementar estratégias que facilitem o tratamento do problema de ensino-aprendizagem.

Nessa discussão foram apresentadas algumas variáveis que podem auxiliar a identificar ganhos de uso da tecnologia, porém, as variáveis por si só não são suficientes para se identificar os ganhos, é necessário também uma análise qualitativa entre o problema e a solução, por isso a discussão foi também dissertativa além de quantitativa. As variáveis ajudam no processo mas o poder de reflexão e de análise ainda é o fator preponderante nesse processo. Não se esperava esgotar a análise nem mesmo abranger todos os softwares que podem ser utilizados em educação. Esperava-se mostrar, a partir de uma amostragem de aplicativos, como utilizar as variáveis aqui sugeridas, como indicadores de ganhos em informática educativa.

A sugestão de metodologia de avaliação de ganhos aqui sugerida, e os indicadores, foram elaborados a partir da experiência e utilização dessas tecnologias, bem como, da experiência de desenvolvimento de aplicativos e sistemas informatizados. Não se buscou outros autores pois acreditasse que o exercício de reflexão e a experiência são suficientes para

que se possa indicar ganhos de utilização de tecnologia. Pode-se, futuramente, comparar a solução aqui apresentada com a de outros autores através de escritas específicas.

3.4. Uso de Inteligência Artificial em Informática Educativa

Na sessão anterior foram apresentados os aplicativos Netlogo, Squeak e SIMULA. Se demonstrou, através da metodologia de avaliação de ganhos, que eles apresentam ganhos significativos de informatização. Na sessão 3.2, Automatização x Informatização, página 26, afirmou-se que os ganhos de informatização são provenientes da capacidade computacional da informática, e que, a IA¹⁸ era uma das áreas da computação que explora esses ganhos. Os três aplicativos apresentados são casos de utilização de tecnologias de IA. Portanto, antes de continuar é importante que se façam algumas colocações sobre IA e seu uso em informática educativa.

A expectativa que norteia o estudo da IA é a capacidade de gerar comportamento inteligente em sistemas computacionais. Dependendo da linha de pesquisa o comportamento inteligente pode ser considerado como semelhante à inteligência humana ou não. No que tange à sistemas com inteligência semelhante a humana, existem duas áreas distintas, a chamada IA forte, que afirma ser possível a criação de inteligência semelhante a humana em computador, e a IA fraca, que afirma que os sistemas, apesar de inteligentes, não simulam inteligência humana.

Além da classificação quanto à semelhança à inteligência humana, os sistemas podem ser classificados quanto a sua capacidade de aprender, sendo chamados de sistemas cognitivos, ou quanto a sua capacidade de reagir a situações específicas, chamados de sistemas reativos.

Os sistemas cognitivos estudam a aprendizagem em máquina, ou seja, quais modelos computacionais que, através da interação com o meio, são capazes de aprender e gerar modificação de comportamento a partir do seu aprendizado. Essa tecnologia pode ser utilizada, por exemplo, em informática na educação, nos agentes de software conhecidos como Tutores Inteligentes.

Assim, como neste caso, muitos estudos de IA são transformados em componentes que são utilizados nas mais diversas áreas. A organização desses componentes permite a criação de sistemas não deterministas, sistemas que irão alcançar um determinado objetivo que não está explícito no código do sistema. É possível então construir sistemas sem intencionalidade direta ou dirigida, permitindo que os sistemas tenham autonomia e se comportem independentes do controle humano, porém, em prol do usuário.

Sistemas como este podem ser chamados de agentes¹⁹. Quando reúnem-se vários agentes que tem por objetivo a realização de uma tarefa específica de forma colaborativa, tem-se um Sistema Multiagente²⁰. A utilização de Sistemas Multiagentes permite, além da resolução de problemas complexos, a elaboração de sistemas de simulação. Nesses casos os agentes podem, ao invés de trabalharem de forma colaborativa, também, trabalhar de forma competitiva.

¹⁸ Ver sessão 5.1.3, Inteligência Artificial, página 108.

¹⁹ Ver sessão 5.1.3.1, Agentes, página 110.

²⁰ Ver sessão 5.1.3.2, Sistemas Multiagentes, página 112.

A aplicação de tecnologia de IA em informática educativa são exemplos de aplicação que produzem ganhos de informatização. O computador passa a executar uma ação inerente a sua natureza. Esta capacidade permite a sua utilização de forma menos onerosa do que a mesma realização no mundo real, quando se aplica recursos de simulação baseado em tecnologias de IA.

Ao contrário da conversão de mídia, o uso de IA pressupõe conhecimento específico em computação, porém, iniciativas de construção de frameworks de agentes facilitam a utilização por parte de profissionais que não são da área. São exemplos desse tipo de iniciativa o Netlogo, Ilustração 3.9, página 52, o Squeak, Ilustração 3.2, página 38 e o SIMULA, Ilustração 3.8, página 51.

3.5. Utilização de Sociedades Artificiais em Informática Educativa

A idéia defendida nesse trabalho é a de que as Sociedades Artificiais, um caso específico de utilização de componentes e aplicação de conceitos de IA, são sistemas computacionais que exploram a natureza computacional da informática, produzem ganhos de informatização, e que, se desenvolvidas e utilizadas segundo pressupostos educacionais, são capazes de criar ambientes de simulação social não-determinista, nos quais, é permitida a interação pró-ativa do aluno, promovendo intervenções de aprendizagem significativas que, se não fosse pelo uso da tecnologia, muito dificilmente seriam experimentados, somente se as condições concretas se efetivassem em uma velocidade de transformação incomum ao que distinguimos como realidade.

Essa intervenção permitiria ao aluno a elaboração do conceito de tomada de decisão em ambientes sociais, que difere da tomada de decisão simples pelo grau de relações envolvidas e pela dinâmica peculiar do sistema, decorrente do fato deste estar inserido no próprio ambiente e ser objeto da própria operação de forma recorrente.

As Sociedades Artificiais seriam então um ambiente de simulação de comportamento social, no qual o aluno poderia, a partir de sua interação, observar e refletir sobre as reações decorrentes das intervenções realizadas. Essas simulações seriam particularmente interessantes em situações que não poderiam ser realizadas senão pelo uso de tecnologia de informática, ou seja, que não poderiam ser construídas em laboratório, por questões de viabilidade econômica ou ética, ou que, se produzidas por outro meio não seriam mais do que um ato comunicação entre o detentor de conhecimento e aluno.

Por exemplo, poderia-se realizar simulações de epidemia entre integrantes de uma sociedade, ou o simulação de situações de calamidade. Esses são dois exemplos de utilização de Sociedades Artificiais que só poderiam ser vivenciados ou pelo vivência do fato (o que seria catastrófico) ou pela sua simulação por meio de tecnologia de informática. A única outra maneira de se promover esse conhecimento seria através da produção de material educacional traduzido na forma de discurso, seja ele verbal ou paraverbal. Ou seja, poderia ser elaborada uma narrativa sobre fatos históricos, a partir do qual se faria a reflexão, ou, poderia-se elaborar uma representação do fato através de uma ferramenta de criação de animação como o Flash. A animação representaria visualmente o que é uma situação de epidemia ou de calamidade. Porém, no caso da narrativa devemos ter acesso a fatos acontecidos, na animação poderíamos partir de um conhecimento generalizado que representa a visão do fato modelado, mas que sofreria a interferência determinista do detentor do conhecimento. Além disso, a não

ser que o produtor da animação conheça profundamente a ferramenta e seja capaz de realizar programação, a animação produziria uma interação passiva com o aluno.

Já em Sociedades Artificiais, a simulação seria construída a partir da descrição da interação entre os agentes e não a partir de equações de modelagem axiomática de proliferação de vírus ou de comportamentos pânico em situação calamidade. O resultado chamado de epidemia ou de pânico seria o efeito colateral das interações dos agentes. Não seria necessário o conhecimento de matemática e programação avançada para criar essas simulações, e mesmo assim, a situação simulada seria verossímil. Além disso, o aluno poderia interagir proativamente com a simulação, promovendo intervenções nas interações entre os agentes, e, através de reflexão e análise, poderia descobrir quais as prováveis causas de situações de epidemia e calamidade que estão relacionadas à interação dos agentes.

Esses dois exemplos, em educação, são intervenções de aprendizagem que só podem ser realizadas pelo uso de tecnologia de informática. Se o aluno vivenciasse a situação real ele o faria de forma passiva, o máximo que lhe seria permitido seria observar o fato. Se o conhecimento fosse promovido pela interação com um discurso, a elaboração do conhecimento pela reflexão seria puramente abstrata, não poderia ser concretizada em uma experiência.

Essa breve descrição dá uma idéia de como podemos nos valer dessa tecnologia em informática educativa. Sua fundamentação enquanto processo de intervenção de aprendizagem será explorado mais detalhadamente na sessão 4, Retomando Conceitos de Aprendizagem, página 57. Por enquanto, o objetivo é indicar como o uso dessa concepção tecnológica, que apesar de ainda estar em estado da arte, quando aplicada à educação, é capaz de transcender os ganhos de automatização e promover intervenções de aprendizagem.

3.6. Aplicativos que podem ser Utilizados na Elaboração de Sociedades Artificiais

As Sociedades Artificiais, ainda são uma concepção de utilização de tecnologias de IA, portanto, ainda não existe nenhuma implementação dessa tecnologia.

Como a proposta dessa pesquisa é a investigação e definição das bases teóricas e tecnológicas que são passíveis de sustentar a utilização de Sociedades Artificiais em informática educativa, não pretende-se aqui implementar essa tecnologia. Ainda em um passo anterior, a pesquisa pretende contribuir na constituição dos facilitadores dessa construção. Prevê a identificação de tecnologias que permitam a elaboração de Sociedades Artificiais, bem como, a descrição de como essas tecnologias podem ser utilizadas para contemplar a aplicabilidade de Sociedades Artificiais em informática na educação.

O conceito explorado aqui é o apresentado por Barone (2003), segundo o qual, quando temos um conjunto de sistemas multiagentes que, além de suas regras individuais, compartilham o mesmo ambiente, recursos, segundo regras comuns, temos uma Sociedade Artificial. Essa configuração facilita a simulação de ambientes sociais homomórfos ao conceito de sociedade humana, ou seja, uma Sociedade Artificial possui uma estrutura favorável para a simulação de comportamento social semelhante de coletivos humanos. Porém, por tratar-se de um modelo, e, por um modelo ser uma simplificação da realidade que visa solucionar ou representar um aspecto específico da realidade, uma Sociedade Artificial herda essas mesmas restrições, mas, mesmo assim, é capaz de atender e alcançar o objetivo esperado em uma simulação.

Essa definição denota que uma Sociedade Artificial, por ser um caso específico de sistema multiagente, pode ser construída em qualquer aplicativo capaz de criar agentes ou através da utilização de sistemas multiagentes, como por exemplo, o Netlogo, Ilustração 3.9, o Simula²¹, Ilustração 3.8 ou o Swarm, Ilustração 3.10.

Um exemplo de uma simulação encontrada tanto no Netlogo, Ilustração 3.9, quanto no SIMULA, Ilustração 3.8, é o de uma epidemia.

No modelo de epidemia encontrado no Simula 1.0, existem três agentes: o agente sadio, o agente doente e o agente cura, que como pode ser visto na Ilustração 3.6.

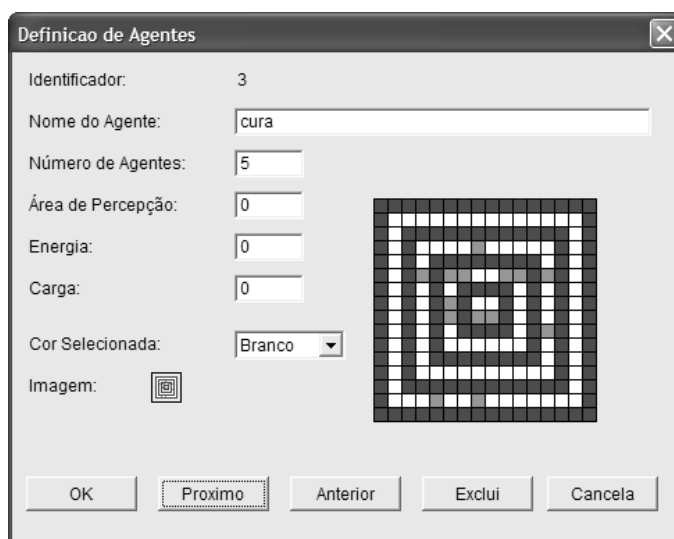


Ilustração 3.6: Agente cura no ambiente SIMULA

O comportamento do sistema é ditado pelas seguintes regras de alto nível:

- a) quando o agente doente atinge o agente cura transforma-se em agente sadio;
- b) quando o agente doente não percebe o agente cura movimenta-se aleatoriamente;
- c) quando o agente normal percebe o agente doente transforma-se em agente doente, Ilustração 3.7;
- d) quando agente doente está sem energia movimenta-se aleatoriamente;
- e) quando o agente doente atinge o tempo de vida 30 morre;
- f) quando o agente normal atinge o tempo de vida 20 reproduz um agente normal;
- g) quando agente doente percebe agente cura segue em direção ao agente cura;

²¹ <http://simula.sourceforge.net/>

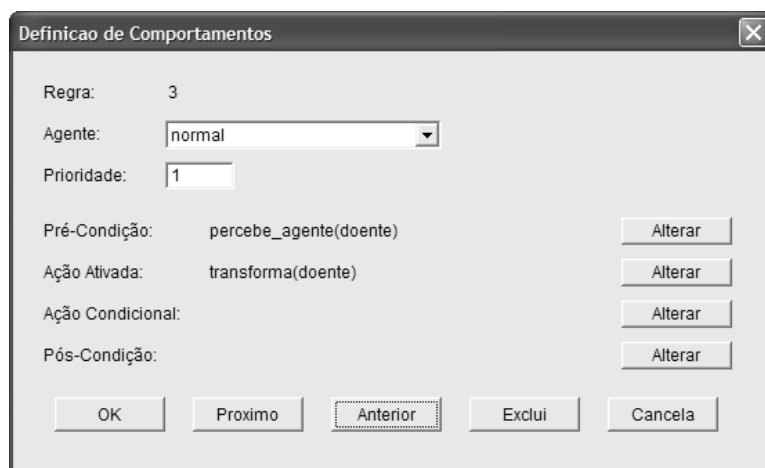


Ilustração 3.7: Definição de um comportamento do agente normal

A tela de execução do modelo de epidemia que se aproxima de uma situação de superpopulação pode ser vista na Ilustração 3.8.

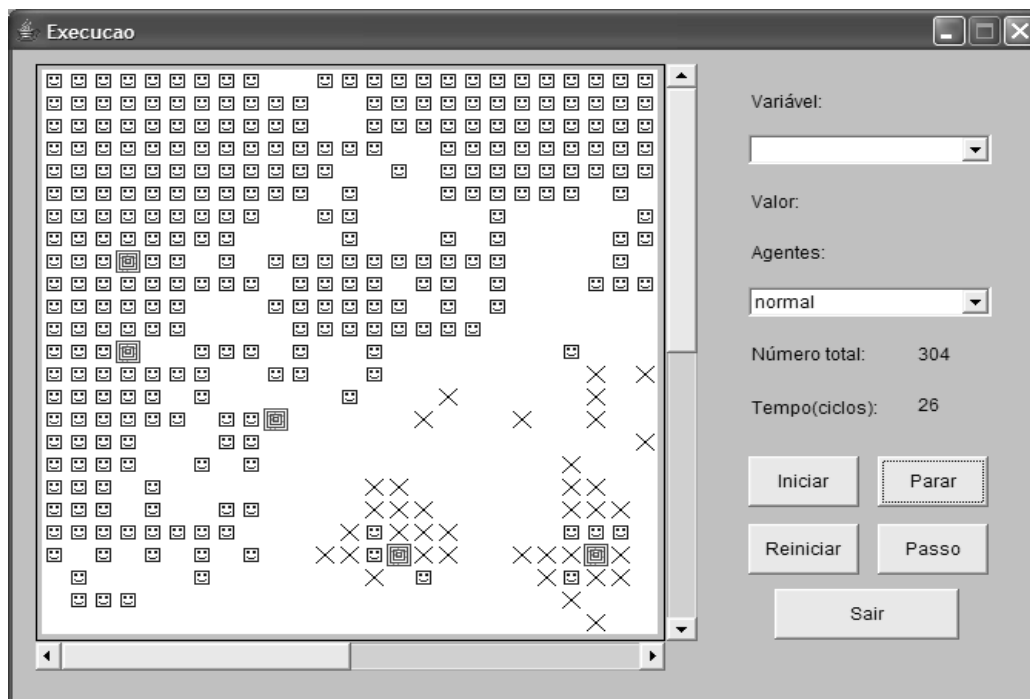


Ilustração 3.8: Modelo de epidemia sendo executado no Simula 1.0

Apesar de o sistema possuir somente essas regras em sua construção, é possível perceber em sua execução situações de superpopulação, quando todos os agentes doentes são curados, ou de morte em massa, quando a população toda está contaminada e não existem agentes de cura suficientes para atender a todos os doentes, ou, uma situação de equilíbrio, na qual agentes saudáveis reproduzem-se, mas morrem em decorrência da doença e agentes doentes se curam. O exemplo é uma simplificação dos comportamentos de interação, e mesmo assim é possível se perceber efeitos de epidemia. Outro fato que deve ser lembrado é que o SIMULA é um sistema multiagente de múltiplas aplicações, ou seja, a sua programação não possui regras que determinam o comportamento de epidemia. Nesse exemplo fica claro que não existe intencionalidade na construção do sistema, pois, tais ambientes de simulação são

criados para trabalhar com qualquer tipo de agente. Sendo que, na construção dos agentes desse exemplo, o que se fez foi a transcrição de regras de comportamento de interação social de contaminação por vírus. Os comportamentos observados são efeitos colaterais do comportamento social modelado através das regras de interação entre os agentes.

A grande vantagem de utilização do SIMULA é sua interface de criação do ambiente de simulação. Os comportamentos dos agentes são criados a partir da seleção de comportamentos de interação simples entre agentes, tais como: executa movimento aleatório, vá em direção ao gradiente, se encontrar agente, criar agente, etc. O exemplo de epidemia, e outros que podem ser elaborados pelo usuário, demonstra que pode-se obter comportamento social complexo, semelhante ao comportamento social humano, através da configuração de comportamentos de interações simples entre agentes, sem a necessidade de conhecimento avançados de programação.

No Netlogo, o exemplo de epidemia vem junto do aplicativo. É um exemplo mais elaborado que o apresentado pelo SIMULA, pois permite a interação do aluno em tempo de execução com variáveis de ambiente. Apresenta como vantagens a possibilidade de programação específica dos agentes, além daqueles comportamentos previamente especificados. Porém, dada essa característica, pode se tornar mais complexo de operar, muitas vezes precisando de conhecimento avançado para que se consiga resultados melhores. É importante lembrar que sua proposta inicial era o aprendizado de programação, portanto o ato de programar é incentivado.

Por ser desenvolvido em Java e por utilizar tecnologia de applets na sua interface de execução, o Netlogo é executado em um Browser. Essa é uma qualidade que pode ser explorada em EAD.

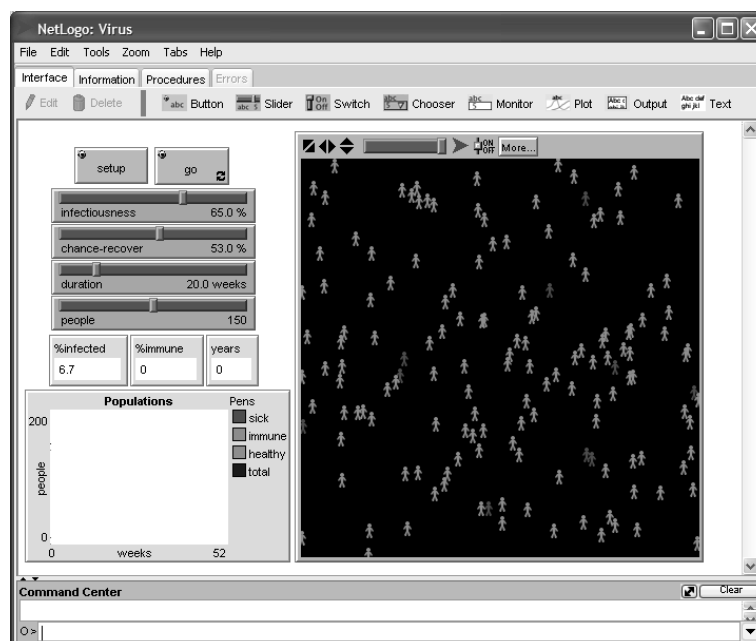


Ilustração 3.9: Modelo de simulação de vírus no ambiente Netlogo

Já o Swarm²² é um aplicativo com recursos avançados de simulação. Além da simulação é capaz de gerar gráficos e tabelas estatísticas que são utilizadas para fins de

²² http://www.swarm.org/wiki/Main_Page

comprovação de simulação. Sua utilização prevê o conhecimento avançado de programação. Essa característica inibe sua utilização por parte de profissionais que não sejam da área de computação. A Ilustração 3.10 mostra o exemplo de simulação de transações financeiras utilizando o Swarm.

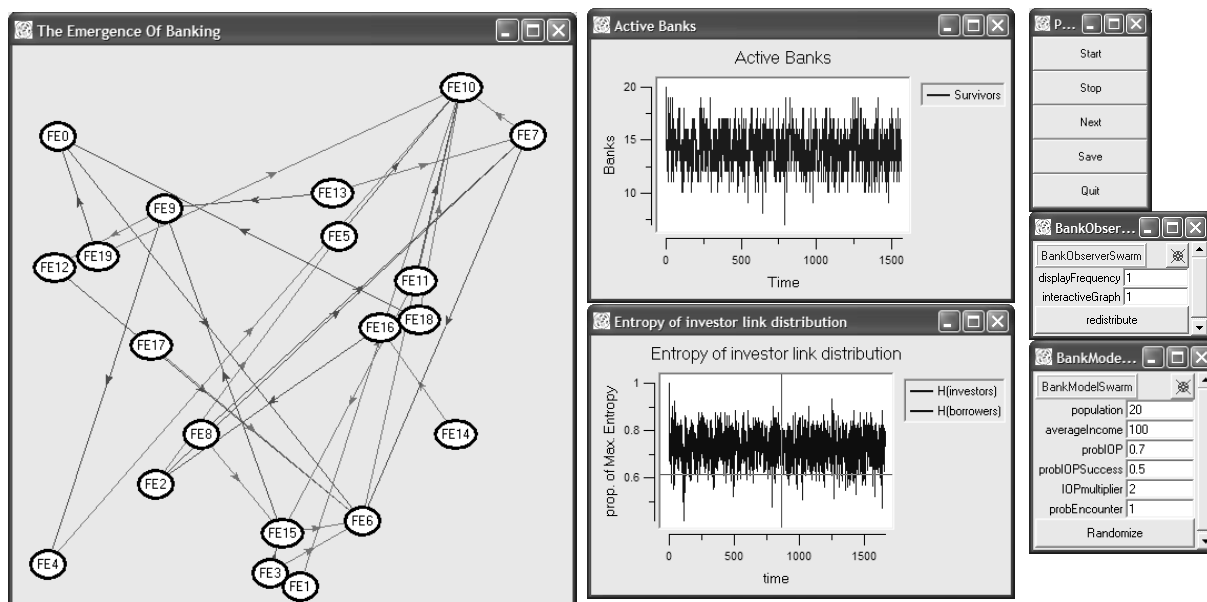


Ilustração 3.10: Simulação de mercado financeiro no Swarm

Existem também os sistemas multiagentes criados com fins de simulação específicos, como por exemplo, o Exodus²³, Ilustração 3.11. Trata-se de um sistema de simulação de comportamento social em situação de pânico na evacuação de ambientes calamitosos, como por exemplo, a simulação do comportamento de uma tripulação que tenta abandonar um navio em uma situação de naufrágio. A simulação permite que os engenheiros descubram falhas de segurança nos projetos de navios, sem a necessidade de criar simulações com modelos reais. A diferença desse tipo de simulador está no fato dos comportamentos serem modelados por modelos matemáticos específicos criados a partir da observação de situações reais.

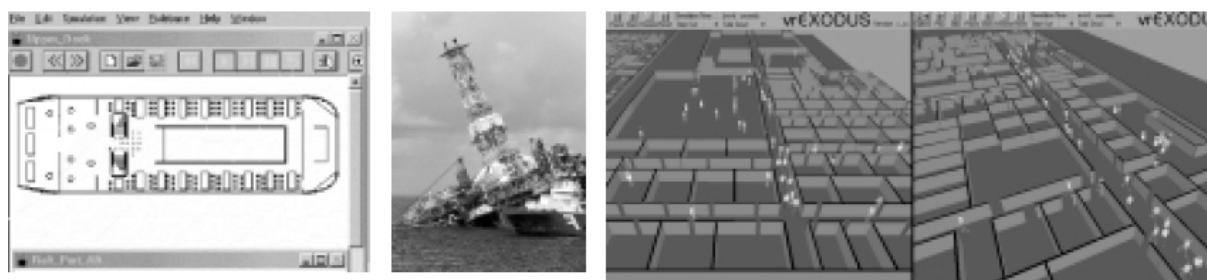


Ilustração 3.11: Ambiente de simulação de naufrágio Exodus

Essa é uma aplicação criada para fins de simulação específicos. Não se trata de um ambiente que posso ser utilizado para criação de Sociedades Artificiais, porém, suas características gerais o traduzem como uma implementação que contempla a concepção de Sociedades Artificiais, porém, não aplicada à educação, mas sim aplicada à simulação de uma situação que não poderia ser testada em laboratório sem envolver riscos ou questões éticas.

²³ http://www.fleetech.com/SS/Exodus/maritimeexodus_main.htm

3.7. Considerações à Abordagem Tecnológica na Informática na Educação

Ao longo dessa pesquisa, percebeu-se que o uso da informática na educação tem sido visto apenas como meio, ou seja, enquanto ferramenta de apoio ao processo pedagógico. Não se pesquisa a informática na educação como uma ciência. A qual deveria ter uma objeto de pesquisa que a diferenciasse de outras áreas semelhantes. Do lado da área de educação estuda-se a aplicação da tecnologia em educação. Do lado da ciência da computação estuda-se o desenvolvimento de tecnologia para uso em educação. Pelo que parece, a Informática na Educação é uma área resultante da interação de outras duas áreas de conhecimento. Porém, o profissional dessa área não é nem educador, nem cientista da computação, ao mesmo tempo em que exerce ambos os papéis. Sendo oriundo de uma dessas áreas acaba se especializando em uma atividade adjacente, seja a do uso da tecnologia na educação ou a da educação apoiada por tecnologia.

O que se percebe é que a computação continua desenvolvendo computação e a educação tenta utilizar a tecnologia criada a partir de um processo de adaptação. Mas Thomas Kuhn (1975) já ensinava, através de seu estudo de evolução do pensamento científico, consagrado pela definição do conceito de paradigma, que, a evolução do pensamento científico se dá quando alguém da comunidade científica, consegue produzir conhecimento fora da visão dos paradigmas vigentes.

Por esse ângulo a área de estudo definida como Informática na Educação é tanto promissora quanto restritiva.

Promissora por ser uma ciência interdisciplinar, que, ao integrar áreas como educação, informática e psicologia, conta com compreensões diferentes da natureza, ou seja, com profissionais que vivenciam paradigmas distintos. Essa característica abre a possibilidade de que enxergue fatos antes não percebidos.

Diria restritiva a começar pela própria denominação já que o termo “Informática” aparece como propositivo e “na Educação” como um campo de aplicação. Restritiva pois, ao invés de ser uma atividade de ciência, de descoberta, de criação e invenção, poder ser meramente um exercício de adaptação da realidade alheia à sua estrutura de conhecimento, ou seja, um exercício de aplicação de tecnologia.

Nesse cenário de restrição, o cientista da computação enxerga a educação como um campo problemático para o qual devam ser buscadas soluções pelos princípios da computação; o educador enxerga a tecnologia como uma das opções que podem ser utilizadas na educação e o psicólogo cognitivo analisa como a tecnologia influencia na aprendizagem. Para qualquer um dos casos a relação de tecnologia e educação é um caso específico de sua área de origem, mantendo-se o paradigma vigente em sua área de pesquisa.

Não existe ainda uma ciência, a ciência da informática-educação (ou outra denominação), cujo objeto de estudo seja o todo composto pela união das disciplinas fragmentadas. Ela deve existir e, provavelmente já nos deparamos várias vezes com o seu objeto de estudo, apenas não aprendemos a identificá-lo ainda. Por enquanto, consideramos a informática na educação, como sendo a uso da tecnologia na educação. Isso porque, nem mesmo sabemos se realmente existe essa ciência ou se o nosso limite será sempre a aplicação de tecnologia.

O fato é que, enquanto não descobirmos o que estamos procurando, não saberemos o que encontrar. Se procuramos ciência vamos encontrar ciência, se procuramos tecnologia vamos encontrar tecnologia.

Para compreender o momento que passamos atualmente, podemos lembrar da história da aviação e fazer um paralelo ao presente. Nos primórdios da aviação haviam pessoas que acreditavam que algo mais pesado que o ar não pudesse voar. Curiosamente, as mesmas pessoas que defendiam essa tese conheciam aves, e todas as aves são mais pesadas que o ar e mesmo assim sempre voaram. Aqueles que enxergaram essa resposta iniciaram uma tentativa frustrada de adaptar a tecnologia de vôo das aves em uma máquina. Somente aqueles que perceberam que a resposta, de que algo mais pesado que o ar pode voar, era verdadeira, e de que, não se tratava apenas de uma adaptação de tecnologia, mas que era necessário inventar o que não existia, conseguiram desenvolver o que hoje chamamos de aviação. Se a aviação depende-se de evoluir a partir daquilo que já se sabia sobre voar e não a partir daquilo que não se sabia, ainda estaríamos acreditando que nada mais pesado que o ar é capaz de voar. Sua evolução se deu pela criação de uma nova ciência, a aeronáutica.

Assim como naquela época, hoje existem céticos que não acreditam que a tecnologia da informática possa produzir algo de novo no processo de educação, apesar de perceberem que a tecnologia mudou a noção da sociedade moderna. Também existem aqueles que acreditam que simplesmente aplicando a tecnologia de informática na educação vai se melhorar significativamente a qualidade de ensino. Porém, essa qualidade só será alcançada quando entendermos a informática-educação enquanto ciência, quando compreendermos que a tecnologia de informática faz parte de uma nova estrutura, na qual está contida a educação, que essa natureza possui indicadores no passado mas não possui as repostas no passado, quando deixarmos de reutilizar as respostas encontradas e passarmos a compreender a nova realidade.

O problema dessa fase de transição reside basicamente na diferença de compreensão de ganhos entre cientistas da computação e cientistas da educação. As soluções criadas pelos profissionais de computação são utilizadas para resolver problemas através da modelagem do mundo vivido como real. Para isso é necessário que exista um modelo pré-existente de solução do problema. Um modelo que possa ser convertido em modelo computacional²⁴. O objetivo dos modelos, sejam eles axiomáticos ou epistemológicos, é o de otimização de processos visando a maximização de utilização de recursos disponíveis, ou seja, tem que haver ganho na aplicação da tecnologia de informática. Essa é a característica que torna a informática um objeto de desejo. É uma característica que confunde evolução com transformação. Esquece-se, por vezes, que, o que significa ganho para uma área não necessariamente é ganho para outra. Os ganhos em computação são inerentemente ganhos de automatização de processos. Quanto mais rápido e com menos custo se alcançar o objetivo maior é o ganho. É uma visão muito parecida com a da administração, por isso a informática é largamente utilizada em empresas. A grande vantagem que se tem com a automatização é poder gastar menos energia em atividades rotineiras e se concentrar no que realmente é necessário, no caso, administrar.

Na educação, assim como em qualquer atividade humana, também busca-se ganhos. Porém, em educação o que importa não é a solução do problema mas sim como aprender o processo utilizado na solução do problema, como também os efeitos que acarretam determinada proposta de solução de problema. Parece uma diferença simples, porém, é

²⁴ Ver sessão 5.1.2, Modelagem Computacional, página 103.

bastante significativa. É mais ou menos a diferença entre usar a calculadora e aprender a calcular e pensar o que acontece conosco e com o mundo quando se calcula.

A questão que desejamos responder é: em que ponto a tecnologia informática realmente torna-se um diferencial, ou realiza uma contribuição significativa, no processo de educação, em contrapartida às demais práticas pedagógicas vigentes? Ou seja, em que ponto o uso da tecnologia na educação deixa de ser uma ferramenta de apoio e passa a ser constitutiva de transformações de ordem estrutural? Talvez no mesmo ponto em que os laboratórios de informática deixem de ser uma sala de aula informatizada e passem a ser um lugar onde se realize experimentos de informática que nos permita aprender sobre qualquer coisa. Além disso ainda cabe se perguntar, existe algum conhecimento que só pode ser aprendido pela tecnologia de informática?

Assim como nas demais áreas, os ganhos inerentes à arquitetura do computador, tempo de processamento e armazenamento, são transferidos para o processo de aprendizagem, potencializando ganhos econômicos. A questão é se esses ganhos são significativos enquanto processo de aprendizagem. O fato de ser uma ferramenta eficiente no processo de comunicação, e o fato de prover modelos substitutivos de realidades educacionais, não garante que a educação alcançada seja qualitativamente superior a convencional. Teríamos um ganho significativo quando utilizamos o computador para realizar aquilo que não pode ser realizado em nenhuma outra ferramenta, ou seja, quando utilizamos o computador para criar algo inerente a sua especificidade e que não pode ser criado por outro mecanismo. Ou mesmo quando sua especificidade hibridiza processos anteriores.

Para que isso seja possível é necessário que a informática-educação seja considerada como um novo paradigma, estendendo os limites da pesquisa tecnológica. No processo de inovação tecnológica a ciência é transformada em pesquisa tecnológica, que é então modelada por processos de engenharia e transforma-se finalmente em um produto que passa a ser utilizado.

É nesse ínterim que se confunde o limite entre projetos de pesquisa científica e projetos de pesquisa tecnológica. O problema é que ambos os projetos de pesquisa visam inovação. A inovação pressupõe algum ganho. Na ciência o ganho está relacionado a uma nova visão da natureza, na tecnologia o ganho está relacionado as medidas de desempenho e resultados, que estão ligados diretamente à questões econômicas.

O objetivo dessa reflexão não é responder diretamente a questão, mas sim, apontar para o fato de que essa questão tem que ser considerada, que é necessário diferenciar ciência de tecnologia, que é necessário definir qual o papel da informática na educação situando-a como ciência ou como pesquisa tecnológica. Se o fim for a ciência, a tecnologia será apenas o meio, se a tecnologia for o fim, teremos que nos valer de outras ciências para poder desenvolver a tecnologia, visto que não existe evolução tecnológica que não seja oriunda da ciência. Quem sabe descubra-se, ao longo dessa discussão, que não existe uma ciência de informática-educação, que essa é uma área ponte entre outras duas ciências e que seu papel se restringe somente à aplicação de tecnologia no processo de educação e a análise de seus efeitos. Ou, quem sabe, descubra-se ou delimite-se uma área que estude não somente aquele processo de educação que pode ser automatizado, mas, cujo objeto de estudo seja a intervenção de aprendizagem promovida exclusivamente através da tecnologia de informática. Uma área que explore a natureza computacional da informática em prol da educação. Na qual se promova o aprendizado, que, se não fosse pela tecnologia de informática, dificilmente pudesse ser explorado.

4. RETOMANDO CONCEITOS DE APRENDIZAGEM

Nesse capítulo serão discutidas questões de aprendizagem pertinentes à pesquisa. Com o propósito de buscar subsídios para futuras implementações das Sociedades Artificiais na promoção da aprendizagem é necessário tratar sobre a mesma. O objetivo é identificar de que modo ambientes de Sociedades Artificiais podem apresentar indicadores de promoção de um determinado tipo de aprendizagem, conforme a discussão do item anterior. Também será discutido um mecanismo de interação para a promoção de aprendizagem.

Para poder realizar essa discussão foi necessária uma retomada de conceitos de aprendizagem. Como a aprendizagem visa o conhecimento, foi realizada uma imersão em algumas idéias sobre o conhecimento, em particular a Biologia do Conhecer de Maturana que foi utilizada como fundamentação do trabalho. Esse capítulo mapeia a própria trajetória de busca do autor. Acharmos interessante conservar no texto da tese essa trajetória uma vez que supomos que ajuda a definir as Sociedades Artificiais em sua potencialidade educativa.

Inicialmente, optou-se pelas idéias clássicas por acreditar-se que elas seriam suficientes para explicar como ambientes de Sociedades Artificiais produzem aprendizagem. À medida que a pesquisa evoluiu, percebeu-se que a utilização de alguns conceitos implicaria na discussão de suas bases teóricas e epistemológicas, sendo portanto necessário fazer-se opções.

A abordagem filosófica do conhecimento apresentada por Marilena Chaui (2002) foi o ponto de partida. Como o objetivo não era realizar uma discussão propriamente filosófica esse referencial serviu como um guia para o pensamento por indicar conceitos historicamente considerados quando se tratava do conhecimento. Identificou-se que eram abordados os conceitos de idéia, percepção, consciência, memória, imaginação, pensamento e inteligência.

A partir desse delineamento inicial procurou-se aprofundar a pesquisa incluindo outros autores que também tratavam desses conceitos. Identificamos que o muitos desses conceitos são abordados por vários autores diferentes, por exemplo, os conceitos de mente e de consciência são tratados por António Damásio (1996, 2000), Steven Pinker (1998), como também é um conceito abordado por Edgar Morin (1999) e James Trefil (1999).

Dada a diversidade epistemológica, segundo a qual, diferentes autores suportam seus conceitos – apesar de nomeá-los de modo idêntico – essa revisão não serviu como fundamentação teórica do trabalho. Serviu sim, para fazer um mapeamento do campo teórico e para diferenciar um percurso entre conceitos de diferentes autores e um sistema teórico congruente como a teoria da Biologia do Conhecer, que já fez sentido em várias questões dessa busca de fundamentos de implementação.

A decisão de utilizar a teoria de Maturana se deu por considerar-se que, as idéias clássicas do conhecimento, ao serem utilizadas como fundamentações teóricas na utilização de Sociedades Artificiais, se mostravam incompletas ou necessitavam de uma abordagem muito complexa e elaborada para que servissem de justificativa. Além de ir contra o princípio de parcimônia, a complexidade inibe sua utilização.

O trabalho de Maturana não só abrange todos esses conceitos mas também traz novos componentes que só seriam possíveis de serem justificados por um longo trabalho de

interlocução entre as outras teorias. Os conceitos utilizados por Maturana permitem que se trate tanto questões de aprendizado quanto questões do social. Com esse intuito procedeu-se um trabalho de retomada conceitual a partir da Biologia do Conhecer que se encontra na sessão 4.2, Um percurso pela Biologia do Conhecer, página 75.

Além da retomada de idéias de aprendizagem e conhecimento, essa sessão também aborda a delimitação do domínio do social, que são o objeto de estudo na utilização de Sociedades Artificiais. A noção de social pode ser encontrada também na teoria de Maturana como veremos em sessões posteriores, porém, a delimitação vai além desse enfoque não por se pretender questionar sobre a condição social de coletivos humanos, mas sim, para juntar subsídios conceituais que podem ser explorados na aprendizagem apoiada em Sociedades Artificiais. Ou seja, conceitos como a teoria da escolha pública, teoria da escolha social, população, controle social, alienação, são os objetos de aprendizagem que podem ser trabalhados em ambientes de Sociedades Artificiais. Por isso, a sessão 4.3, O domínio sociológico como um domínio de conhecimento, página 84, contempla a revisão de alguns desses conceitos para que se tenha um norteador do significado de conceitos sociais quando se trata do aprendizado desses conceitos. Não se espera realizar uma crítica sobre os conceitos, nem mesmo contestar suas validades em relação ao modo como Maturana entende o social. Espera-se apenas indicar que essas teorias existem e que são candidatas a servirem de objeto a ser explorado, analisado e criticado em situações de aprendizagem que se estruturam através da interação com Sociedades Artificiais.

4.1. Imersão em algumas idéias clássicas sobre o Conhecimento

A imersão em algumas idéias clássicas sobre o conhecimento foi realizada para servir de norteador para os conceitos que se estudam nessas teorias. Muitos desses conceitos podem ser relidos pelo aparato conceitual da teoria de Maturana, no entanto alguns, nem mesmo se encaixam nesse contexto, porém, foram mantidos por fazerem parte do conceito de conhecimento tradicional e por fazerem parte da trajetória de busca desse autor.

As idéias clássicas do conhecimento tem sua origem na filosofia. Segundo Marilena Chaui (2002), a filosofia de origem grega é entendida como aspiração ao conhecimento racional, lógico e sistemático da realidade natural e humana; da origem e causas do mundo e de suas transformações; da origem e causas das ações humanas e do próprio pensamento (*ibid*, p.20). Isso significa que, apesar de outras culturas terem desenvolvido suas percepções sobre a condição humana e de origem do mundo, o conceito usualmente adotado é o fundado pela cultura grega, dos ditos filósofos gregos. A filosofia tornou-se uma teoria do conhecimento, ou uma teoria sobre a capacidade e a possibilidade humana de conhecer e uma ética, ou estudo das condições de possibilidade da ação moral enquanto realizada por liberdade e por dever (*ibid*, p.54).

Os primeiros filósofos não tinham uma preocupação principal com o conhecimento, não indagavam se podemos ou não conhecer o Ser, mas partiam da pressuposição de que o podemos conhecer. Afirmavam que a realidade (o Ser, a Natureza) é racional, e que a podemos conhecer porque também somos racionais²⁵ (*ibid*, p.109-110).

²⁵ Esse poderia ser um argumento para justificar a IA forte. Se a natureza é racional e nós pertencemos à natureza, somos racionais. Se a inteligência for considerada como um operar racional realizado por seres racionais, uma máquina poderia ser inteligente por pertencer a mesma natureza.

Heráclito e Parmênides, juntamente com Demócrito de Abdera, são exemplos da preocupação com o conhecimento. As ontologias de Heráclito e Parmênides versavam, respectivamente, sobre o Devir, na qual somente a mudança é o real, e sobre o Ser, na qual o devir é uma aparência, mera opinião que formamos porque confundimos a realidade com nossas sensações, percepções e lembranças (*ibid*, p.180). Na ontologia de Demócrito, conhecida como atomismo, a realidade é formada por partículas indivisíveis chamadas de átomos. Ele concordava com Heráclito e Parmênides quanto a diferença do que conhecemos através de nossa percepção e o que conhecemos apenas pelo pensamento, porém, não considerava a percepção ilusória, mas apenas um efeito da realidade sobre nós.

Nessa referência Chaui não cita Epicuro, filósofo grego que, segundo colaboradores, é utilizado por Maturana como fonte de inspiração. Segundo Rohmann (2000, p.129) Epicuro fundou em 306 a.C. a academia que ficou conhecida como Jardim de Epicuro. Era uma filosofia totalmente materialista e atomista. Enquanto conhecimento dava ênfase a experiência direta. Enquanto ética era fundamentada na sensação física e no curso moral do movimento atômico. Dessa idéia tirou a conclusão de que nossas sensações se devem a perturbações dessas partículas. Como moral se preocupa com a conduta humana em alcançar uma vida feliz. É possível encontrar referências sobre os Jardim de Epicuro em trabalhos da área jurídica, com o artigo de Juliana Wülfing (s.d.) que aborda o tema sociedade e Estado.

Os sofistas²⁶, diante dos conflitos das ontologias anteriores, concluíram que não podemos conhecer o Ser, mas só ter opiniões subjetivas sobre a realidade. Para eles, a verdade é uma questão de opinião e de persuasão, e a linguagem é mais importante do que a percepção e o pensamento (CHAUI, 2002, p.111).

Platão distingue quatro formas de conhecimento que vão de graus inferiores até graus superiores. São eles: crença, opinião, raciocínio e intuição intelectual. Sendo que, para ele, os dois primeiros são conhecimentos ilusórios ou das aparências, assim somente os dois últimos deveriam ser considerados como válidos. A verdadeira realidade seria alcançada pela intuição intelectual através do conhecimento matemático. Esse seria o conhecimento capaz de alcançar a essência das coisas, as idéias (*ibid*, p.112). Encontramos uma influência desse tipo de proposição no desenvolvimento da Epistemologia Genética de Jean Piaget.

Já Aristóteles distingue sete formas de conhecimento: sensação, percepção, imaginação, memória, raciocínio e intuição. Ao contrário de Platão, ele estabelece uma continuidade entre elas. A única separada é a sétima forma, a intuição que é puramente intelectual ou um ato do pensamento puro (*ibid*, p.112).

Santo Agostinho, trouxe a idéia de que cada ser humano é uma pessoa. O direito romano define a pessoa como um sujeito de direitos e deveres. Se somos pessoas, somos responsáveis pelos nossos atos e pensamentos. Nossa pessoa é nossa consciência, que é nossa alma dotada de vontade, imaginação, memória e inteligência (*ibid*, p.113-114).

Para os filósofos modernos, a teoria do conhecimento volta-se para a relação entre pensamento e as coisas, a consciência (interior) e a realidade (exterior), o entendimento e a realidade; em suma o sujeito e o objeto do conhecimento. (*ibid*, p.114)

Para Descartes, o conhecimento verdadeiro é puramente intelectual, parte das idéias inatas e controla, por meio de regras, as investigações filosóficas, científicas e técnicas. Platão

²⁶ Professores itinerantes que prosperavam em Atenas no século V e no início do século IV a.C., foram os primeiros filósofos a cobrarem pelas aulas.

e Descartes afirmam que a fonte do conhecimento verdadeiro é a razão operando por si mesma; essa perspectiva estabelece a orientação da teoria do conhecimento conhecida como racionalismo. Aristóteles e Locke consideram que o conhecimento parte da sensação até chegar às idéias, ou seja, a fonte de todo e qualquer conhecimento é a experiência sensível, essa perspectiva estabelece a orientação da teoria do conhecimento conhecida como empirismo (*ibid*, p.117).

Além dessas considerações, vale apresentar a definição encontrada em (ROHMANN, 2000, p.130):

"...Talvez a definição simples mais comum de conhecimento seja a de convicção verdadeira, justificada: conheço algo quando acredito que seja verdadeiro e essa crença é justificada. Para Platão, o conhecimento é simplesmente o contrário de opinião; para Marx, é um construto de relações econômicas; para Wittgenstein, é o saber prático dentro de determinado contexto social... A resposta à pergunta de como a mente obtém conhecimento dividem-se em três categorias principais. Segundo a primeira, o conhecimento é parte inerente da nossa existência no mundo. A segunda declara que nossas faculdades da inteligência e da razão nos capacitam a descobrir as verdades que o mundo contém. A terceira explicação afirma que nós criamos o que pensamos ser conhecimento a partir da nossa experiência, que é tão dependente da nossa condição psicológica, histórica ou social que não pode, de jeito algum, ser considerado conhecimento objetivo. Alguns neurocientistas enveredaram recentemente por uma quarta área de investigação. Postulam que o conhecimento é produto do modo como os neurônios adquirem e armazenam dados."

Nessa breve descrição é possível identificar alguns conceitos principais que estão associados ao conceito de conhecimento, são eles: idéias, percepção, memória, imaginação, pensamento, consciência e inteligência. Pela revisão histórica percebe-se que esses conceitos foram construídos ao longo do tempo e, de alguma forma, estavam relacionados à tentativa de explicar a natureza do conhecimento. Atualmente, esses conceitos estão inseridos nas mais diversas áreas de conhecimento. Deixam de ser a explicação do conhecimento e passam a ser o próprio objeto de conhecimento de algumas áreas de pesquisa. Por estarem integrados ao senso comum, nas sessões seguintes eles serão revistos simplesmente por uma questão de alinhamento de conceitos. Não se espera utilizar esses conceitos como fundamentação da pesquisa aqui realizada, porém, alinhar esses conceitos irá demonstrar que eles não foram desconsiderados na pesquisa, e que a escolha da teoria de Maturana não foi uma escolha aleatória.

4.1.1. Idéias

O dicionário de teorias e conceitos (ROHMANN, 2000, p.206) descreve idéias enquanto pensamentos abstratos, conceitos generalizados ou ideais transcendentais. Ainda, segundo este, Platão usou o termo para definir as entidades perfeitas, imutáveis, que residem no Mundo das Formas e fornecem os modelos das coisas que percebemos neste mundo. É desta definição que surge o conceito de idéias inatas, aquelas que são verdades preexistentes, eternas. Nessa concepção, Platão parte do mesmo princípio do Ser imutável de Parmênides. Já Aristóteles, postulava a tese de que as idéias são abstrações gerais da experiência, isto é, tudo que estava no intelecto tinha que necessariamente passar pelos sentidos. Essa distinção denota dois conceitos de idéia, a primeira: a idéia enquanto essência; a segunda: a idéia enquanto entendimento de nossas percepções. Porém, nenhuma delas explica como temos

conhecimento das idéias. Descartes dividia as idéias em inatas, aquelas originárias do espírito, em especial a consciência de si e o conhecimento de Deus; as *adventícias*, aquelas que passam pelos sentidos; e as *factícias*, construtos elaborados com outras idéias. No lado epistemológico, empiristas como John Locke rejeitaram a noção de idéias inatas, percebendo o intelecto como uma tábula rasa, ou lousa em branco, a ser preenchida pela experiência. Para Locke, além das sensações, que todos os animais possuem, somos capazes de reflexão. Essas duas capacidades constituem o pensamento: as idéias "simples" apreendidas por meio da sensação se combinam, por intermédio da reflexão, em idéias "complexas" ilimitadas. No último século, behavioristas e outros elaboraram teorias nas quais as "idéias" não têm lugar, todas as atividades mentais são interpretadas como essencialmente físicas, produtos de mecanismos de estímulo e resposta, produzidas em uma rede neuronal biológica.

Em contrapartida aos conceitos de idéias apresentados até aqui, surge o conceito de sistemas de idéias, defendido e apresentado por Edgar Morin (2002) em O método 4 – as idéias. O autor considera que uma idéia isolada não tem praticamente existência (*ibid*, p.158), portanto, elas só fazem sentido se forem consideradas enquanto um sistema de idéias, que é definido como:

"Um sistema de idéias constitui-se de uma constelação de conceitos associados de maneira solidária, cujo agenciamento é estabelecido por vínculos lógicos (ou com tal aparência), em virtude de axiomas, postulados e princípios de organização subjacentes; tal sistema produz o seu campo de competência, enunciado com valor de verdade e, eventualmente, previsões quanto a fatos e acontecimentos que deverão manifestar-se"

O conceito de sistema utilizado pelo autor é o oriundo da teoria de sistemas, portanto, um sistema de idéias possui características de ser fechado e aberto ao mesmo tempo. Mas, além da teoria de sistemas, o conceito tem características biológicas; segundo o autor o sistema é constituído de um núcleo, de subsistemas dependentes/interdependentes e de um dispositivo imunológico de proteção (*ibid*, p.158). Dessa forma, ele adquire aspectos: autoconservadores e auto-eco-organizadores, que lhe asseguram integridade, identidade, autonomia, sua perpetuação (*ibid*, p.167).

4.1.2. Percepção

A noção de percepção pode ter diferentes significados conforme a teoria que a concebe. As principais diferenças entre essas concepções são as referentes as teorias empíricas, racionalistas intelectualistas e fenomenológicas.

Na teoria empirista, as principais formas da experiência sensível ou do conhecimento empírico são a sensação e a percepção. A sensação é uma reação corporal imediata a um estímulo ou excitação externa, sem que seja possível distinguir, no ato da sensação, o estímulo exterior e o sentimento interior. Sentimos as qualidades como integrantes de seres mais amplos e complexos do que a sensação isolada de cada qualidade. Só temos sensações sob a forma de percepções, que são a síntese de sensações. Para os empiristas, a sensação e a percepção dependem das coisas exteriores e as idéias são provenientes das percepções. A percepção é a única fonte de conhecimento, estando na origem das idéias abstratas formuladas pelo pensamento. Para Hume, as sensações, emoções e paixões são a impressão das percepções, idéias são as imagens das impressões (CHAUI, 2002, p.119; *ibid*, 124).

Para os racionalistas intelectualistas, a sensação e a percepção dependem do sujeito do conhecimento e a coisa exterior é apenas a ocasião para que tenhamos a sensação ou a percepção. A passagem de sensação para percepção é um ato realizado pelo intelecto que confere organização e sentido às sensações. Para eles, a organização ou síntese de sensações elementares, realizada pela inteligência, recebe o nome de percepção. Porém, as sensações e percepção são sempre confusas e devem ser abandonadas quando o pensamento formula idéias puras. Ela não é confiável para o conhecimento porque depende das condições particulares de quem percebe e está propensa a ilusões, pois freqüentemente a imagem percebida não corresponde à realidade do objeto. O pensamento filosófico e científico deve abandonar os dados da percepção e formular as idéias em relação com o percebido; trata-se de explicar e corrigir a percepção (*ibid*, p.120; *ibid*, p.124).

Empiristas e intelectualistas julgavam que a sensação era uma relação de causa e efeito entre pontos das coisas e pontos de nosso corpo. A fenomenologia de Husserl e a Psicologia da Forma ou teoria da Gestalt trazem algumas mudanças. Ambas demonstraram: que a sensação não é reflexo pontual ou uma resposta físico-fisiológica a um estímulo externo também pontual; que a percepção não é uma atividade sintética feita pelo pensamento sobre as sensações; portanto, que não há diferença entre sensação e percepção, porque nunca temos sensações parciais, pontuais ou elementares, sentimos e percebemos formas, totalidades estruturadas dotadas de sentido ou de significação. As experiências com formas incompletas mostra que sempre percebemos uma totalidade completa. Na teoria fenomenológica do conhecimento, a percepção é considerada originária e parte principal do conhecimento humano, mas com uma estrutura diferente da do pensamento abstrato, que opera com idéias. Nunca percebemos de uma só vez um objeto, pois somente percebemos algumas de suas faces de cada vez; nosso intelecto compreende uma idéia de uma só vez e por inteiro, isto é, captamos a totalidade do sentido de uma idéia de uma só vez, sem precisar examinar cada uma de suas "faces". Percebemos uma forma organizada ou uma estrutura. Não há ilusões na percepção; perceber é diferente de pensar. A percepção é a relação entre: as coisas e nós, e nós e as coisas (*ibid*, p.120; *ibid*, 124-125).

Analisadas estas concepções, podemos considerar as seguintes características da percepção: é o conhecimento sensorial de configurações ou de totalidades organizadas e dotadas de sentido; é uma vivência corporal; é sempre uma experiência dotada de significado; o próprio mundo exterior está organizado em formas e estruturas complexas dotadas de sentido; é uma relação do sujeito com o mundo exterior, sendo que, a relação que dá sentido ao percebido e ao percebedor, e um não existe sem o outro; o mundo percebido é qualitativo, significativo, estruturado e estamos nele como sujeitos ativos; o mundo percebido é um mundo intercorporal, de modo que a percepção é uma forma de comunicação que estabelecemos com os outros e com as coisas; é mais adequado falar em campo perceptivo para indicar que se trata de uma relação complexa entre o corpo-sujeito e os corpos-objetos num campo de significações visuais, tácteis, olfativas, gustativas, sonoras, motrizes, espaciais, temporais e lingüísticas; a percepção envolve toda nossa personalidade, nossa história pessoal, nossa afetividade nossos desejos e paixões, o mundo é percebido qualitativamente, afetivamente e valorativamente; os significados e os valores das coisas percebidas decorrem de nossa sociedade e do modo como nela as coisas e as pessoas recebem sentido, valor ou função, portanto, a percepção envolve nossa vida social; a percepção está sujeita a uma forma especial de erro, a ilusão²⁷ (*ibid*, p.122-123).

²⁷ A fenomenologia considera que ela não existe

4.1.3. Memória

Para alguns filósofos, a memória é quem garante a própria identidade, por ser ela a nossa primeira e mais fundamental experiência de tempo, reunimos tudo o que fomos e fizemos a tudo que somos e fazemos. Através dela podemos reter e guardar o tempo que se foi, salvando-o da perda total. A memória não é um simples lembrar ou recordar, mas revela uma das formas fundamentais de nossa existência, que é a relação com o tempo. É uma forma de percepção interna, chamada de introspecção, enquanto consciência da diferença temporal, por nós compreendida como passado, presente e futuro. É ela que confere sentido ao passado como diferente do presente e do futuro. Por isto, é inseparável do sentimento do tempo ou da percepção/experiência do tempo como algo que ecoa ou passa. Na retórica²⁸, a memória era considerada indispensável, não só por ter que pronunciar longos discursos sem leitura ou anotações, mas também porque o bom orador aprendia de cor as regras fundamentais da oratória. Eram criados métodos de memorização chamados de "memória artificial" que constituíam a "Arte da Memória", arte esta que passou a ser utilizada por outras disciplinas de ensino e aprendizagem. A memória era explicada então, em termos de uma memória natural e uma memória que era capaz de ser criada. A arte da memória consistia em colocar imagens e palavras em um lugar²⁹ e, passeando por ele, ordenadamente, recordamos as coisas, as pessoas, os fatos e as palavras necessárias para escrever e dizer discursos, poesias, peças teatrais (CHAUI, 2002, p.127).

Enquanto lembrança a memória é a prenetificação do passado, no sentido contrário ela é o registro do presente para que permaneça como lembrança. Alguns estudiosos explicam a memória enquanto um fato puramente biológico, ou seja, a memória seria apenas o registro cerebral ou a gravação automática pelo cérebro de fatos, acontecimentos, coisas, pessoas, e relatos. Estudos científicos mostram que o cérebro possui zonas responsáveis pela memória e, estudos bioquímicos mostram o papel de algumas substâncias químicas na produção e conservação da memória. Porém, os aspectos biológicos e químicos não explicam o fenômeno enquanto forma de conhecimento e de componente afetivo de nossas vidas. Sendo assim, podemos dizer que no processo de memorização entram componentes objetivos: as atividades físico-fisiológicas e químicas da gravação e registro cerebral das lembranças, bem como a estrutura do objeto que será lembrado; e componentes subjetivos: a importância do fato ou da coisa para nós, seu significado emocional ou afetivo, o modo como ficamos impressionados com algo, a necessidade para nossas vidas ou para nosso conhecimento, o prazer ou dor produzido por um fato, etc (*ibid*, p.128).

Iván Izquierdo (2002, p.9) em seu livro define memória como sendo a aquisição, conservação e evocação de informações, mas, vai além ao afirmar que a aquisição é chamada de aprendizagem, e que, só se grava aquilo que foi aprendido. Afirma também que, evocação é chamada de recordação, lembrança, recuperação, mas que só lembramos aquilo que foi gravado, ou seja, aquilo que foi aprendido. Segundo o autor, as memórias são feitas por células nervosas (neurônios), são armazenadas em redes de neurônios e são evocadas pelas mesmas redes neuronais ou por outras. São moduladas pelas emoções, pelos níveis de consciência e pelos estados de ânimo, que são os maiores regulares das operações da memória (*ibid*, p.12).

²⁸ Arte criada pelos antigos, sobretudo romanos, destinada a persuadir e a criar emoções nos ouvintes, através do uso belo e eficaz da linguagem, também chamada de eloquência (CHAUI, 2002, p.126)

²⁹ O lugar era um palácio com lugares, criado a partir da lenda de Simônides de Céos, para maiores detalhes ler a descrição da lenda em (*ibid*, p.127)

Segundo Marilena Chaui (2002), o filósofo francês Bergson distingue dois tipos de memória: a memória hábito, que é um automatismo psíquico que adquirimos pela repetição contínua de alguma coisa, e que passa a um automatismo corporal; e a memória pura ou memória propriamente dita, é aquela que guarda alguma coisa, fato ou palavra únicos, irrepetíveis e mantidos por seu significado especial afetivo, valorativo ou de conhecimento. Essa concepção permite identificar dois tipos de memórias: aquela que se dá por repetição deliberada; e aquela que se dá espontaneamente pelo impacto do significado do fato para nossa existência, nesse caso o interesse é mais decisivo do que a atenção voluntária que lhe damos (*ibid*, p.129).

Marilena também afirma que existem seis grandes tipos de memória: a memória perceptiva ou reconhecimento; a memória-hábito; a memória-fluxo-de-duração-pessoal que nos permite armazenar lembranças significativas; a memória social ou histórica que é fixada por uma sociedade através de registros que possuem significado para a vida coletiva; a memória biológica da espécie, gravada no código genético; a memória artificial das máquinas, baseada na estrutura simplificada do cérebro humano. As quatro primeiras fazem parte da vida de nossa consciência individual e coletiva; a quinta é inconsciente e puramente física; a última é uma técnica (*ibid*, p.129).

Izquierdo (2002, p.11) corrobora com essa taxonomia ao afirmar que o conceito de memória abrange: desde memórias de computadores, até a história das civilizações e as memórias individuais, sejam de pessoas ou de animais. Porém, ressalva que a diferença de cada caso está na diferença dos mecanismos de aquisição, armazenamento e evocação utilizados, portanto, não convém entrar no terreno fácil das generalizações e considerar que nossa memória é igual a memória de computadores.

Mas também, apresenta uma taxonomia de tipos de memória segundo as seguintes características: função, conteúdo, evocação, duração e forma de aquisição.

Enquanto função, a memória pode ser considerada como memória de trabalho ou memória imediata (*ibid*, p.19), servindo para manter durante alguns segundos, no máximo poucos minutos, a informação que está sendo processada no momento. Ela diferencia-se das demais por não deixar traços e não produzir arquivos. É acompanhada de poucas alterações bioquímicas, parecendo depender fundamentalmente da atividade elétrica dos neurônios do córtex pré-frontal. Muitos não consideram a memória de trabalho como um verdadeiro tipo de memória, mas como um sistema gerenciador central, que mantém a informação viva pelo tempo suficiente para poder eventualmente entrar ou não na Memória propriamente dita (*ibid*, p.20).

Enquanto conteúdo, as memórias podem ser classificadas como declarativas ou procedurais. As memórias que registram fatos, eventos ou conhecimentos são chamadas de declarativas, porque nós, os seres humanos, podemos declarar que existimos e podemos relatar como as adquirimos. Entre elas, as referentes a eventos aos quais assistimos ou dos quais participamos são denominadas episódicas, que são autobiográficas; as de conhecimento gerais semânticas. As memórias procedurais ou memórias de procedimentos são as de capacidade ou habilidades motoras ou sensoriais e o que habitualmente chamamos de hábitos. Ambos os tipos de memórias podem ser divididas em explícitas e implícitas (*ibid*, p.22).

Quanto a evocação, o autor apresenta a memória evocada por meio de dicas. Em inglês esse tipo de memória é chamado de *priming*, apesar de se utilizar o termo "dicas", ele não significa a mesma coisa. É o caso de alguém que só lembra da localização de um edifício

quando vira a esquina anterior a ele. A existência do *priming* implica o fato de que muitas memórias semânticas, episódicas ou procedurais são adquiridas originalmente de duas maneiras paralelas. Uma envolvendo conjuntos relativamente grandes de estímulos e a outra utilizando só fragmentos desse conjunto (*ibid*, p.25).

Quanto à duração, as memórias podem ser classificadas como: memória de curta duração, memória de longa duração e memória remota. As memórias declarativas de longa duração levam tempo para ser consolidadas. A de curta duração é aquela que dura poucas horas, juntamente com o tempo necessário para que as memórias de longa duração se consolidem. As memórias de longa duração que duram muitos meses ou anos costumam ser denominadas memórias remotas (*ibid*, p.25-27).

Quanto à forma de aquisição, as memórias podem ser: memórias associativas e não associativas, ou apenas reflexos condicionados. Muitas memórias são adquiridas por meio da associação de um estímulo com um outro estímulo ou com uma resposta. Pavlov, *apud* Izquierdo (2002), estabeleceu que, nos aprendizados associativos, se um estímulo novo é pareado com outro "biologicamente significativo" que produz uma resposta, a resposta ao primeiro muda; ficando condicionada ao pareamento; esses estímulos passaram a ser chamados de estímulos condicionados e a nova resposta de resposta condicionada. Os estímulos biologicamente significantes, que sempre evocam uma resposta, passaram a ser chamados de estímulos incondicionados, e suas respostas: respostas condicionadas. A ligação entre um estímulo e uma resposta é chamada reflexo. O desenvolvimento de uma resposta condicionada a um estímulo neutro chama-se reflexo condicionado. Há uma variante importante dos reflexos condicionados nos quais o animal aprende a fazer ou omitir uma resposta condicionada para obter ou para evitar o estímulo condicionado, utilizando sua resposta condicionada como um instrumento. Esse tipo de aprendizado denomina-se instrumental (*ibid*, p.28).

Para a teoria do conhecimento, a memória possui as seguintes funções: retenção de um dado da percepção, da experiência ou de um conhecimento adquirido; reconhecimento do dado memorizado que, ao ser lembrado, permite estabelecer uma relação ou nexos com novos conhecimentos; recordação de alguma coisa como pertencente ao tempo passado; capacidade de evocar o passado a partir do tempo presente (CHAUI, 2002, p.130).

Outro aspecto importante da memória é o esquecimento. O esquecimento é a ausência ou perda de memória. Esquecer significa ser incapaz de recordar³⁰ ou lembrar. Quando perdemos a capacidade para lembrar palavras ou construir frases sofremos de afasia, perdemos então a relação com os outros através da linguagem ou da comunicação. Quando perdemos a capacidade para lembrar e realizar gestos e ações, sofremos de apraxia, perdemos então a relação com o nosso corpo e com o mundo das coisas. Quando perdemos a relação com o todo de nossa existência, sofremos de amnésia (*ibid*, p.130). Nas amnésias ou perdas de memória, costumam falhar primordial ou exclusivamente as memórias declarativas episódicas e explícitas (IZQUIERDO, 2002, p.23).

Além destas considerações sobre memória, Izquierdo (2002) considera que a condição social humana é reflexo da memória. Segundo o autor, a identidade dos povos, dos países das civilizações provém de suas memórias comuns; a recordação dos hábitos, dos costumes e das tradições que nos são comuns leva a preferências afetivas e sociais; com base em nossa memória comum formamos grupos, consideramo-nos membros de civilizações inteiras e isso

³⁰ Recordamos quando fazemos esforço para lembrar

nos dá segurança, porque nos proporciona conforto e identidade coletiva (*ibid*, p.10-11). As relações conceituais dessa afirmação estão demonstradas na Ilustração 4.1.

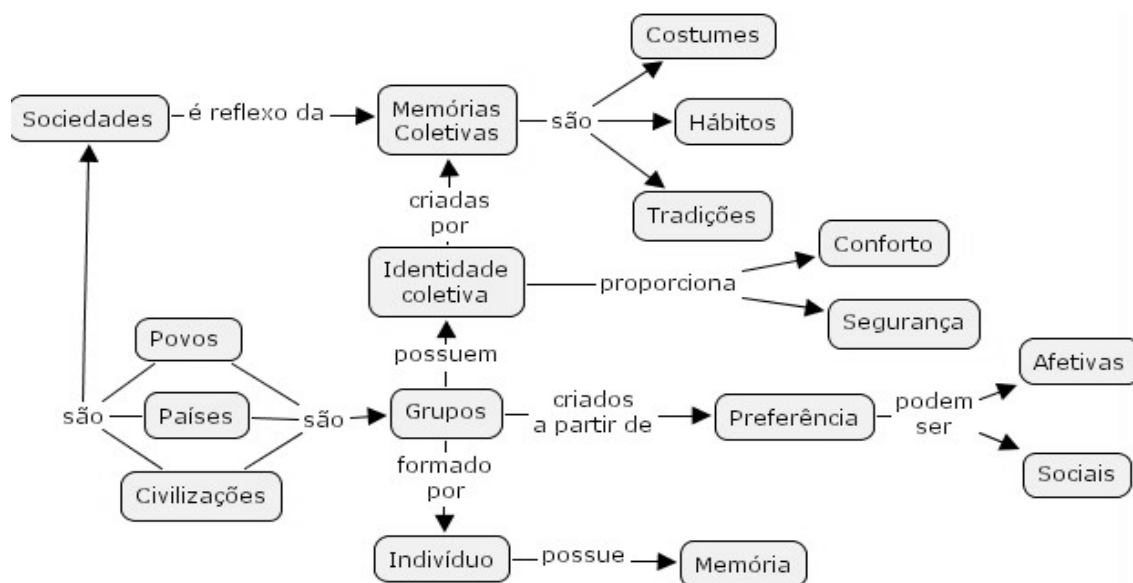


Ilustração 4.1: Sociedade enquanto reflexo da memória coletiva, segundo Iván Izquierdo

4.1.4. Imaginação

Na utilização corriqueira da palavra imaginação, podemos perceber a existência de várias formas de interpretação do conceito. Ela pode ser utilizada enquanto conceito que define nossa capacidade para encontrar soluções para problemas, como algo que temos e que podemos ou não usar. Pode ser tomada como risco de irrealidade, mentira, exagero, excesso. Pode ser tomada como uma espécie de suposição sobre as coisas futuras, uma espécie de previsão ou de alerta sobre o que poderá ou poderia acontecer como consequência de outros acontecimentos. Essas interpretações possuem elementos comuns: positiva ou negativamente, a imaginação está referida ao inexistente; aparece como algo que poder ter falta ou excesso; é uma capacidade para elaborar mentalmente alguma coisa possível, algo que não existiu, mas poderá vir a existir. Enquanto invenção, ela mostra dois sentidos: criadora, ela faz aparecer o que não existia ou mostra ser possível algo que não existe; reprodutora, ela é incapaz de reproduzir o existente ou o acontecido (CHAUI, 2002, p.131).

Na tradição filosófica, os empiristas falam das imagens como reflexos mentais das percepções ou das impressões, cujos traços foram gravados no cérebro. Os intelectualistas também consideravam a imaginação uma forma enfraquecida da percepção, portanto, julgavam a imaginação fonte de enganos e erros. Ambos utilizavam a palavra imaginação como sinônimo de percepção ou como um aspecto da percepção, diziam que percebemos imagens das coisas. Porém, o conceito de imagem pode ser bastante variado, podendo ser: exterior à nossa consciência; internas ou mentais; ou, externas e internas ao mesmo tempo. Mas algo é comum a todas elas: oferecem-nos um análogo³¹ das próprias coisas, seja porque estão no lugar das próprias coisas, seja porque nos fazem imaginar coisas através de outras. Raramente ou quase nunca, a imaginação corresponde materialmente à coisa imaginada, isto é as imagens são irrealis. Um quadro é real enquanto quadro percebido, mas é irreal se

³¹ Um análogo pode ser um símbolo, uma metáfora, uma ilustração, um esquema, um signo, um substituto

comparado à paisagem da qual é imagem. Justamente por ser irreal, a imagem torna presente algo ausente, seja ele: existente mas ausente, nesse caso a imagem ou análogo é testemunha irreal de alguma coisa existente; ou inexistente, nesse caso é criação de uma realidade imaginária; nos dois casos, porém, o objeto-em-imagem é imaginário (*ibid*, p.131-132).

Na fenomenologia, imaginação é a capacidade da consciência para fazer surgir os objetos imaginários ou objetos-em-imagem. Essa consciência é chamada de consciência imaginativa. Pela imaginação, relacionamo-nos como o ausente e com o inexistente, graças a ela abre-se para nós o tempo futuro e o campo dos possíveis. A diferença entre percepção está no fato de que a percepção observa as coisas, isto é, jamais ter uma coisa de uma só vez e por inteiro. Já na imaginação cada imagem põe o objeto por inteiro, ou seja, uma imagem é inobservável. A imagem é diferente do percebido porque ela é um análogo do ausente, sua presentificação. Percebemos e imaginamos ao mesmo tempo. São dois estados de consciência simultâneos e diferentes. O objeto percebido e o objeto imaginado são duas consciências diferentes do mesmo objeto. A imaginação é uma força irrealizadora, isto é, ela é capaz de tornar ausente o que está presente, de tornar presente o que está ausente e criar inteiramente o inexistente, é por isso que a imaginação tem uma força prospectiva, isto é, consegue inventar o futuro. Irrealizando o mundo percebido e realizando o sonho, a imaginação pode ocupar o lugar da percepção e passamos a perceber imaginariamente (*ibid*, p.133-134). A memória é retenção, a imaginação é protensão, graças a elas podemos conquistar novos saberes e práticas (*ibid*, p.130).

Partindo das diferenças entre imaginação reprodutora e criadora podemos distinguir as modalidades de imaginação: a imaginação reprodutora propriamente dita; imaginação evocadora, que presentifica o ausente por meio de imagens com forte tonalidade afetiva; imaginação irrealizadora, que torna ausente o presente e nos coloca vivendo em outra realidade que é só nossa; a imaginação fabuladora, de caráter social ou coletivo, que cria mitos e as lendas pelos quais uma sociedade, um grupo social ou uma comunidade imaginam sua própria origem e a origem de todas as coisas, oferecendo uma explicação para seu presente e sobretudo para a morte, criando então imagens simbólicas, é a imaginação religiosa; imaginação criadora, pede auxílio à percepção, à memória, às idéias existentes, à imaginação reprodutora e evocadora para cumprir-se como criação ou invenção (*ibid*, p.135).

Para a teoria do conhecimento, a imaginação apresenta dois aspectos: a de auxiliar para o conhecimento da verdade e a de perigo para o conhecimento verdadeiro. No momento da pesquisa, um cientista pode se valer da imaginação para criar pelo pensamento a imagem total ou completa do fenômeno. Essa imagem é negadora, pois o cientista nega ou recusa as teorias já existentes; e antecipadora, o cientista pode antever o significado completo de sua própria pesquisa, mesmo que esta ainda esteja em andamento; dessa maneira, a imaginação orienta o pensamento. Outra situação é a de compreender melhor uma realidade através da leitura de um romance ou de um filme, do que, através de livros científicos ou jornais, isto porque, o artista, através de sua imaginação, capta o essencial e reúne o que estava disperso na realidade, fazendo-nos compreender o sentido profundo e invisível de uma coisa ou de alguma situação (*ibid*, p.135).

Outros dois termos são oriundos do conceito de imaginação, são eles o imaginário e a ideologia. O imaginário é o tecido das imagens, que desvia nossa atenção da realidade ou que é usado como máscara para ocultar a verdade. O imaginário reprodutor bloqueia nosso conhecimento porque apenas reproduz nossa realidade, mas dando a ela aspectos sedutores, mágicos, embelezados, cheios de sonhos que já parecem realizados e que reforçam nosso presente como algo inquestionável e inelutável. É um imaginário de explicações feitas e

acabadas, justificador do mundo tal como ele parecer ser. Quando esse imaginário é social, chama-se ideologia. Sob esse aspecto, a imaginação reprodutora se opõe à imaginação utópica, que cria uma outra realidade para mostrar erros, desgraças, infâmias, angústias, opressões e violências da realidade presente e para despertar, em nossa imaginação, o desejo de mudança. Assim, enquanto o imaginário reprodutor procura abafar o desejo de transformação, o imaginário utópico procura criar esse desejo em nós. O imaginário reprodutor opera com ilusões, enquanto a imaginação criadora e a imaginação utópica operam com a invenção do novo e da mudança, graças ao conhecimento crítico do presente (*ibid*, p.136).

4.1.5. Pensamento

De maneira geral, o conceito de pensamento pode significar: preocupação, expectativa, cisma e dúvida, formar uma opinião ou um ponto de vista, exercer atividade mental ou intelectual para formular uma idéia ou um conceito para produção de conhecimento. Dada a origem da palavra e sua utilização em textos filosóficos, o pensamento é a consciência ou a inteligência saindo de si para ir colhendo, reunindo, recolhendo os dados oferecidos pela experiência, pela percepção, pela imaginação, pela memória, pela linguagem, e voltando a si, para considerá-los atentamente, colocá-los diante de si, observá-los intelectualmente, pesá-los, avaliá-los, retirando deles conclusões, formulando com eles idéias, conceitos, juízos, raciocínios, valores. O pensamento exprime nossa existência como seres racionais e capazes de conhecimento abstrato e intelectual, e sobretudo manifesta sua própria capacidade para dar a si mesmo leis, normas, regras e princípios para alcançar a verdade de alguma coisa. Quando pensamos, pomos em movimento o que nos vem da percepção, da imaginação, da memória; apreendemos o sentido das palavras; encadeamos e articulamos significações; comparamos, separamos, analisamos, reunimos, ordenamos, sintetizamos, concluimos, refletimos, deciframos, interpretamos, interrogamos (CHAUI, 2002, p.153-154).

O pensamento elabora teorias, que são, explicações ou interpretações intelectuais de um conjunto de fenômenos e significações, que estabelecem a natureza, o valor e a verdade de tais fenômenos. Também cria métodos, que são os instrumentos racionais utilizados para adquirir, demonstrar ou verificar conhecimentos. Sua utilização consiste em seguir regularmente e ordenadamente um caminho através do qual certa finalidade ou certo objetivo é alcançado (*ibid*, p.157-158). Portanto, pode-se dizer também, que um método é um procedimento lógico para a articulação racional entre elementos homogêneos, ou seja, elementos que são de mesma natureza (*ibid*, p.163). O pensamento lógico submete seus procedimentos a métodos, isto é, a regras de verificação e de generalização dos conhecimentos adquiridos (*ibid*, p.164).

O método é o que permite a operação sobre um tipo particular de pensamento: o pensamento conceitual. Como o próprio nome já diz, o pensamento conceitual opera com conceitos³². Dentro deste contexto destacam-se algumas peculiaridades referentes à definição do termo conceito, são estas: um conceito não é uma imagem nem um símbolo, mas uma descrição e uma explicação da essência ou natureza própria de um ser, referindo-se a esse ser e somente a ele; não são substitutos para as coisas, mas a compreensão intelectual delas; são o resultado de uma análise dos dados da realidade ou do próprio pensamento. Por ser o pensamento uma articulação racional, envolvem juízos e raciocínio, porém, um juízo e um raciocínio: não permanecem no nível da experiência, nem organizam a experiência nela mesma, mas, partindo dela, a sistematizam em relações racionais que a tornam compreensível

³² O termo conceito tem o mesmo significado de idéia

do ponto de vista lógico; buscam as causas universais e necessárias pelas quais uma realidade é tal como é, distinguindo o modo como ela nos aparece do modo como é em si mesma; estudam e investigam a diferença entre novas vivências subjetivas, pessoais e coletivas, e os conhecimentos gerais e objetivos, que são de todos e de ninguém em particular, estabelecem a diferença entre vivências subjetivas e a estrutura objetiva do pensamento em geral (*ibid*, p.164).

4.1.6. Consciência

Nas idéias clássicas do conhecimento parte-se do pressuposto de que somos seres racionais conscientes. A consciência seria, então, a capacidade humana para conhecer, para saber que conhece e para saber o que sabe que conhece. Do ponto de vista psicológico, é o sentimento de nossa própria identidade, é o eu, formado por nossas vivências³³. Do ponto de vista ético e moral, é a espontaneidade livre e racional, para escolher, deliberar e agir conforme à liberdade, aos direitos alheios e ao dever, é a capacidade de viver na companhia de outros segundo as normas e valores morais definidos por sua sociedade. Do ponto de vista político é o cidadão, tanto quanto indivíduo que possui relações sociais, quanto, portador de direitos e deveres, relacionando-se com a esfera pública do poder e das leis. A consciência moral e a consciência política formam-se pelas relações entre as vivências do eu e os valores e as instituições de sua sociedade e sua cultura. Do ponto de vista da teoria do conhecimento é uma atividade sensível e intelectual dotada de poder de análise, síntese e representação, é o sujeito capaz de reflexão, capaz de criar significações, sentidos, conceitos, juízos e teorias. A consciência reflexiva ou o sujeito do conhecimento, é o aspecto intelectual e teórico da consciência, não é uma vivência individual e aspira à universalidade, enquanto conhecimento. Eu, pessoa, cidadão e sujeito constituem a consciência como subjetividade ativa, sede da razão e do pensamento, capaz de identidade consigo mesma, virtudes, direitos e verdade (CHAUI, p.117-119).

Distinguem-se os seguintes graus de consciência: a consciência passiva, aquela na qual temos uma vaga e uma confusa percepção de nós mesmos e do que se passa à nossa volta; a consciência vivida, mas não reflexiva, é nossa consciência afetiva, que tem a peculiaridade de ser egocêntrica, percebe os outros a partir de nossos sentimentos sobre eles; a consciência ativa e reflexiva, aquela que conhece a diferença entre interior e exterior, entre o si e os outros, entre si e as coisas. Esse é o grau que permite a existência da consciência em suas quatro modalidades: eu, pessoa, cidadão e sujeito. Esse grau é definido pela fenomenologia como consciência intencional ou intencionalidade, como "consciência de", realiza atos e visa a conteúdos ou significações. O sujeito do conhecimento é aquele que reflete sobre as relações entre atos e significações e conhece a estrutura formada por eles. (*ibid*, p.119). A Ilustração 4.2 mostra as relações existente entre os conceitos de consciência, seus graus e modalidades.

³³ Maneira como sentimos e compreendemos o que se passa em nosso corpo e no mundo que nos rodeia, assim como o que se passa em nosso interior (CHAUI, 2002, p.117)

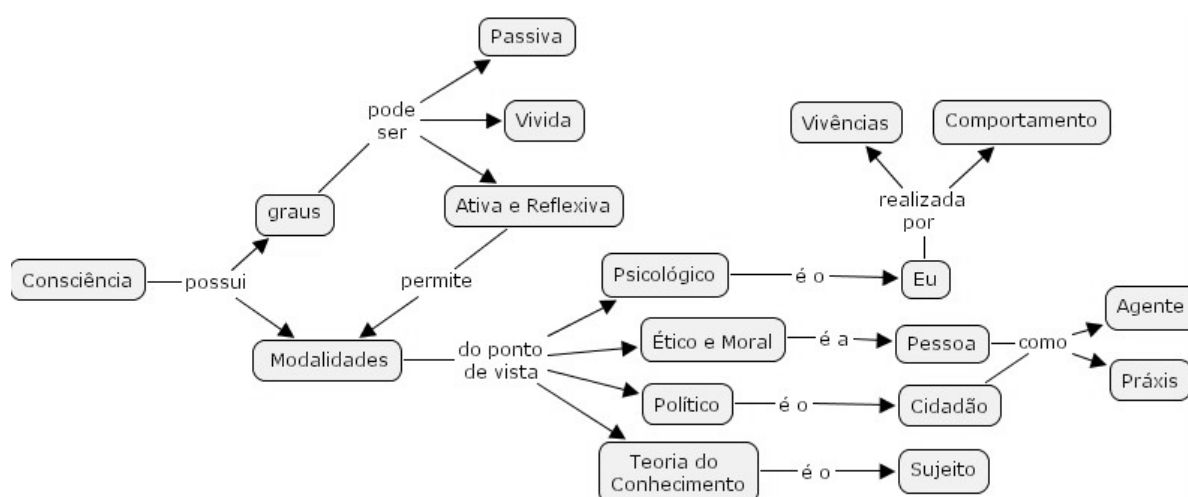


Ilustração 4.2: Relação Graus entre graus e modalidades de consciências

A Ilustração 4.3 apresenta um mapa conceitual do conceito de consciência ativa e reflexiva segundo a fenomenologia. Para entender a relação basta substituir o conceito universal por um conceito particular, por exemplo: o ato é o perceber, a significação é o percebido e o sujeito do conhecimento é a percepção; ou, o ato é o pensar, a significação é o pensado e o sujeito do conhecimento é o pensamento.

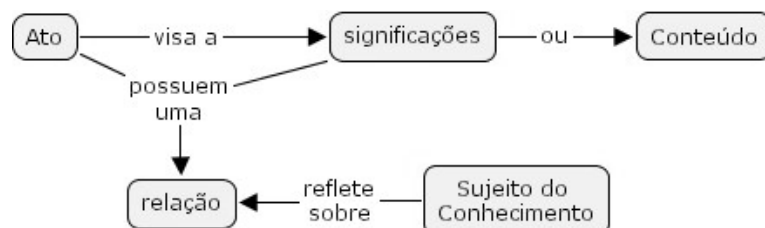


Ilustração 4.3: Consciência ativa e reflexiva segundo a Fenomenologia

Edgar Morin (1999, p.136), afirma que a consciência é inseparável do pensamento, que é inseparável da linguagem. Para o autor a consciência é a emergência do pensamento reflexivo do sujeito sobre si mesmo, sobre suas operações, sobre suas ações.

Para Maturana (1997b, p.232), a consciência não está no sistema nervoso ou no corpo. O estado de consciência é vivenciado enquanto vivência de uma experiência; sendo assim, não pode ser considerado como uma entidade, um processo, ou uma operação do sistema nervoso; nem mesmo está ligado a nenhum aspecto estrutural do sistema nervoso, embora a alteração da estrutura do sistema nervoso possa alterar a experiência de consciência.

A autoconsciência é para Maturana o viver na consciência, e esta não é a característica fundamental do ser humano. O viver na linguagem é o fundamental. É o viver na linguagem que nos torna seres autoconscientes (*ibid*, p.233). O ponto comum da afirmação de Maturana e Morin é a linguagem.

Antônio Damásio (2000, p.218) também aborda e trata sobre o tema da consciência. Porém, para Damásio, o ser humano se torna consciente quando, internamente, nosso organismo constrói e exhibe um tipo específico de conhecimento sem palavras. Damásio, ao contrário de Maturana, adota a visão representacionista. Para ele, a consciência depende da percepção, que ocorre em termos de emoção e sentimentos. As emoções são respostas a

estímulos externos ao organismo, não dependem da tomada de consciência do fato observado ou vivenciado; é um mecanismo reativo; é a combinação de um processo avaliatório mental com as respostas dispositivas a esse processo, dirigidas ao corpo propriamente dito, ou ao cérebro (*ibid*, 1996, p.156-169). Os sentimentos seriam as percepções das alterações mentais que constituem uma resposta emocional, portanto, todas as emoções originam sentimentos, mas nem todos os sentimentos geram emoções (*ibid*, p.172).

Nesse contexto a relação entre emoção e sentimento apresentada por Damásio é semelhante a defendida por Maturana. Como exemplo, poderíamos considerar as emoções de prazer, conforto e segurança enquanto desencadeadoras do sentimento de amor. Essa é apenas uma suposição, não se está afirmando que são estas as emoções por trás do sentimento de amor, mas, o exemplo serve para mostrar a diferença conceitual entre emoção e sentimento.

Damásio (2000, p.219) identifica uma consciência central enquanto hipótese:

"a consciência central ocorre quando os mecanismos cerebrais de representação geram um relato imagético, não verbal, de como o próprio estado do organismo é afetado pelo processamento de um objeto pelo organismo, e quando esse processo realça a imagem do objeto causativo, destacando-o assim em um contexto espacial e temporal."

Fica claro que Damásio restringe a linguagem, que para Maturana e Morin são o fundamento da consciência, a uma linguagem paraverbal, baseada em imagens criadas pelo cérebro.

Outro autor que faz referência ao conceito de consciência é Steven Pinker (1998) em "Como a Mente funciona". A abordagem do autor consiste em um apanhado sobre as diversas teorias que versam sobre a mente, porém, com uma conotação atual e tecnológica, isto é, as teorias são avaliadas sob o prisma atual de conhecimento tecnológico. Sobre o assunto consciência, Pinker contribui com uma taxonomia que classifica a consciência em três níveis mais especializados, são eles: o autoconhecimento, acesso a informações e sensibilidade (*ibid*, p.146).

O autoconhecimento é a capacidade que o ser inteligente tem de obter informações sobre ele próprio. No seu modelo interno do mundo, o ser inteligente é capaz de identificar o "eu", ou seja, identifica-se a si mesmo enquanto conteúdo do mundo criado. Mas essa característica da consciência não é desafiadora, pois, dissolve-se enquanto problema solucionável em termos de percepção e memória. Ao se solucionar o problema de perceber o outro, já se soluciona o problema de perceber a si mesmo, basta associar a memória e reconhecimento de padrões.

A segunda especialização é o acesso a informações. A mente não permite acesso das informações do nível inconsciente ao nível consciente. Conseguimos saber sobre nossas sensações e sentimentos, mas não conseguimos acessar informações sobre estados biológicos de nosso corpo, que, apesar de serem gerenciadas pelo mesmo cérebro, são processadas em um nível inconsciente. Ao que tudo indica, essa separação é necessária como solução para o problema de gerenciamento de recursos e tempo de processamento. Além disso, para que tivéssemos acesso a essas informações seria necessário uma linguagem compartilhada entre ambos os níveis. Porém, a menos que essa seja uma restrição biológica, não seria complicado mapear uma linguagem de comunicação entre esses dois níveis, o que nos leva a crer que sua funcionalidade se justifica por uma questão estratégica de gerenciamento de recursos.

O terceiro sentido, a sensibilidade, é a experiência subjetiva, percepção dos fenômenos, sentimentos brutos, primeira pessoa do presente do indicativo, “como é” ser ou fazer algo. Para o autor, esse sentido é aquele no qual a consciência parece um milagre. Mas, é necessário diferenciar acesso de sensibilidade. Uma pessoa pode ter acesso ao objeto mas não é sensível a eles, isto é, é aquilo que passa despercebido apesar de estar presente.

Dadas essas considerações, Pinker afirma que a teoria computacional da mente não oferece nenhum insight, tampouco se encontra algum nas descobertas da neurociência depois de se esclarecer a costumeira confusão entre sensibilidade, acesso e autoconhecimento, no que diz respeito ao conceito de consciência e de como esse conceito poderia contribuir para a compreensão de como a mente funciona.

A abordagem de Pinker apresenta uma visão contraposta à defendida por Damásio, que aprofunda o estudo através da neurociência, e à de Morin, que se baseia na teoria computacional da mente. Com sua análise dos níveis de consciência ele demonstra que essas abordagens, apesar de significativas, não contribuem para a compreensão de como a mente funciona.

James Trefil (1999, p.167) em "Somos diferentes?", considera a consciência uma propriedade emergente de um sistema complexo, que pode ser compreendido por uma ciência apresentada pelo autor, chamada de Ciência da Complexidade.

4.1.7. Inteligência

A psicologia define a função da inteligência enquanto uma atividade, eminentemente prática, de adaptação ao ambiente, através do estabelecimento de relações entre meios e fins para a solução de um problema ou de uma dificuldade. O instinto, que é inato, e o hábito, que é adquirido, também são atividades que possuem finalidade adaptativa e relacionam meios e fins. Porém, sua principal característica é serem especializados ou específicos. Não possuem flexibilidade para adaptar um novo meio a um novo fim, nem para usar meios novos para um fim já existente. A tendência é a repetição e o automatismo das respostas aos problemas. A inteligência difere do instinto e do hábito por sua flexibilidade, pela capacidade de encontrar novos meios para um novo fim, ou de adaptar meios existentes para uma finalidade nova, pela possibilidade de enfrentar de maneira diferente situações novas e inventar novas soluções para elas, pela capacidade de escolher entre vários meios possíveis e entre vários fins possíveis. A inteligência é capaz de criar instrumentos. Permite antecipar uma situação e transformar os dados de uma situação presente, fabricando meios para certos fins que ainda estão ausentes, a partir da lembrança de uma situação passada, organizando a situação presente, imaginando uma situação nova e respondendo a ela. Permite uma transformação de espaço por existir uma relação com o tempo (CHAUI, 2002, p.155).

O pensamento, ao contrário da inteligência prática, é a inteligência teórica e abstrata. O exercício da inteligência, como pensamento, é inseparável da linguagem³⁴. A linguagem articula percepções e memórias, percepções e imaginações, oferecendo ao pensamento um fluxo temporal que conserva e interliga as idéias. A inteligência humana, enquanto atividade mental e de linguagem, pode ser definida como a capacidade para enfrentar ou colocar diante si problemas práticos e teóricos, para os quais encontra, elabora ou concebe soluções, seja

³⁴ A linguagem é o que nos permite estabelecer relações, concebê-las e compreendê-las. O psicólogo Piaget, estudando a gênese da inteligência nas crianças, mostrou como a aquisição da linguagem e a do pensamento caminham juntas (CHAUI, 2002, p.156)

pela criação de instrumentos práticos, seja pela criação de significações. Caracteriza-se pela flexibilidade, plasticidade e inovação, bem como pela possibilidade de transformar a própria realidade, portanto, é realizada como conhecimento e ação. O corpo do movimento do conhecer é a linguagem, que permite à inteligência, comunicação, informação, memória cultural, transmissão, inovação e ruptura, enquanto que, a inteligência oferece à linguagem, clarificação, organização, ordenamento, análise, interpretação, compreensão, síntese, articulação (*ibid*, p.156).

Os conceitos ou idéias são redes de significação cujos nexos ou ligações são expressos pelo pensamento através dos juízos, pelos quais estabelecemos os elos internos e necessários entre um ser e as qualidades, as propriedades, os atributos que lhe pertencem, assim como aqueles predicados que lhe são acidentais e que podem ser retirados sem que isso afete o sentido e a realidade de um ser. Eles nos oferecem: o sentido interno essencial daquilo que se refere; os nexos causais ou as relações necessárias entre seus elementos, sendo que, por eles conhecemos a origem, os princípios, as conseqüências, as causas e os efeitos daquilo a que se refere. Com as redes de significações organizamos nosso mundo e nossa vida. É a inteligência que colhe, recolhe e reúne os dados recebidos da percepção, da imaginação, da memória e da linguagem para formar as redes de significações (*ibid*, p.157).

4.1.8. A Discussão de Morin

Todas as considerações feitas até agora envolvem as chamadas idéias clássicas do conhecimento. Em O método 3, Edgar Morin (1999) atenta para o fato de que a noção de conhecimento nos parece evidente, porém, se questionada ela se fragmenta, se diversifica, se multiplica em inúmeras noções. Isso denota o grau de desconhecimento sobre o conhecimento (*ibid*, p.16).

Porém, o autor afirma que o conhecimento comporta necessariamente: uma competência, uma atividade cognitiva e um saber, sendo que, os dois primeiros, utilizam o cérebro, uma máquina bio-físico-química que necessita da existência biológica do indivíduo. Além disso, as aptidões cognitivas humanas só se desenvolvem no seio de uma cultura que produziu, conservou, transmitiu uma linguagem, uma lógica, um capital de saberes, critérios de verdade.

Para o Morin, o conhecimento é um fenômeno multidimensional, de maneira inseparável, simultaneamente físico, biológico, cerebral, metal, psicológico, cultural, social (*ibid*, p.18). A fragmentação do conceito teria-se dado pela fragmentação disciplinar, sendo que cada um dos aspectos do conhecimento ficou ligado a uma ciência ou filosofia³⁵.

Além do fato de já ser objeto de pesquisa, o autor sugere ainda um novo aspecto, chamado por ele de noosfera, onde o conhecimento se organiza em sistemas de idéias, conforme visto na sessão 4.1.6, Consciência, página 69, na qual foi apresentada a noção de idéia do autor.

A visão fragmentada faz com que os cientistas se tornem incapazes de controlar os poderes escravizadores ou destrutores gerados pelo saber (*ibid*, p.18). Essa afirmação denota que o conhecimento pode ser prejudicial conforme o contexto em que ele se encontra. Morin vai além da definição do saber e faz uma crítica a postura científica.

³⁵ Para verificar a lista de ciências e seus aspectos de pesquisa ver (MORIN, 1999, p. 19)

Outra colocação importante é a de que o conhecimento sempre suporta computação. Isso não quer dizer que conhecimento seja só computação, mas sim, que existe um traço comum entre o conhecer humano e o conhecimento artificial (*ibid*, p.58). Ainda quanto ao conhecimento cerebral, Morin afirma considerar o aparelho neurocerebral animal como um aparelho que computa as computações operadas pelos seus próprios componentes (neurônios), que são, eles mesmos, computadores vivos (*ibid*, p.65). Tal colocação deixa claro a relevância biológica e computacional atribuída ao conhecer no conceito de Morin. Para ele, todas as atividades cerebrais ligadas ao conhecer realizam computações das computações. Essa afirmação contém dois aspectos que, também, são defendidos na concepção de conhecimento de Maturana, o fato de ser um operar biológico e o fato de existir uma recorrência explícita, o computar do computar.

Morin reforça a sua concepção de um cérebro computacional ao aceitar a teoria modular do cérebro, como pode ser visto no trecho a seguir:

"Uma concepção 'modular' do cérebro, proposta por Mountcastle em 1957, confirmada por numerosos trabalhos e desenvolvida sistematicamente por Fodor (Fodor, 1983), contribui com uma visão bastante rica da Unitas multiplex complexa cerebral. O cérebro estaria organizado num mosaico de módulos polineuronais. Cada módulo é constituído de um conjunto de neurônios: ao mesmo tempo policompetente e especializado, é relativamente autônomo, embora estreitamente e de múltiplas formas conectado aos outros módulos; as inter-retro-computações e comunicações modulares organizariam os fenômenos perceptivos e inteligentes" (ibid, p.106)

Segundo o autor, essa estrutura modular simplificaria a complexidade cerebral, sendo que, os fenômenos globais de linguagem e percepção, seriam emergentes da operação e organização dos módulos.

Andler (1998, p.29) alerta para o fato de que no princípio fodoriano a computação acontece baseada na representação. Porém, a Teoria Computacional desenvolveu-se integralmente fora de toda a noção de representação, apesar de ser, a Teoria Representacional, precedente à Teoria Computacional.

Apesar de trazer contribuições significativas ao conceito de conhecimento, Morin mantém o princípio de que o conhecimento é construído pela operação de informações. Em contrapartida a essa abordagem, Humberto Maturana (2001) em A árvore do conhecimento apresenta uma visão do conceito de conhecimento que não utiliza esse mesmo princípio, conforme foi visto na sessão 4.2.1, Conhecer e Aprender, página 79.

4.1.9. Considerações

Até aqui foram vistas algumas idéias sobre o conhecimento decorrentes de distintas perspectivas. Perspectivas que fundamentam o conhecer enquanto resultado da percepção, ou, que fundamentam o conhecer enquanto atividade biológica, seja ela neural ou química; teorias que consideram o cérebro como um computador, ou, que negam essa possibilidade.

Para o propósito da tese, a imersão nestas teorias serve para mostrar as diferentes possibilidades de interpretação dos conceitos que podem ser utilizados para explicar o processo de aprendizagem.

Na realidade pode-se considerar duas utilidades nessa retomada: uma é servir de referência na busca de uma teoria que melhor se aplica para fundamentação da tese; a outra é que essas teorias podem servir de referência no processo de modelagem computacional.

Do ponto de vista da pesquisa, em ambos os casos a teoria da Biologia do Conhecer é a que se mostra mais desafiadora, pois se constrói independente da teoria computacional. Separa claramente causas e efeitos. Alerta para o problema da modelagem de fenômenos e não de causas, o que a difere significativamente da abordagem clássica de modelagem, que se fundamenta em uma abordagem axiomática.

As teorias computacionais da mente colocam a computação como uma natureza que vai além da condição humana, que existe em um universo absoluto, portanto de uma descendência lógica e racionalista, enquanto que, sob a teoria de Maturana, a computação seria algo inerente a nossa condição humana, dependente de nosso acoplamento com o ambiente, de nossa condição de observadores de fenômenos, portanto, uma abordagem com viés herdado da estética, na qual, a realidade é relativa e não absoluta, puramente uma condição da percepção humana.

Os vários conceitos discutidos nessa sessão de retoma de idéias clássicas do conhecimento demonstram que o simples noção do conceito não é suficiente para compreender as questões que estão por trás de sua abordagem. Fica claro que falar de conhecimento pode ser uma tarefa complexa. Poderíamos simplesmente considerar esses conceitos como de senso comum e aprofundar o estudo a partir destes, sem considerar sua retomada, porém, não ficaria claro se as questões que surgiram eram originais ou se já haviam sido discutidas em outro momento.

Do ponto de vista do processo de modelagem computacional a retomada serve como referencial tanto sobre conceitos quanto sobre modelos que podem ser utilizados na modelagem de uma Sociedade Artificial. Não se trata somente de escolher a melhor modelo de teoria, mas de abrir um leque de opções que podem ser úteis de acordo com a corrente de pensamento científico do desenvolvedor. Porém, é importante lembrar que não se pretende criar um modelo computacional de conhecimento. Para o desenvolvedor os conceitos revistos servem como uma coordenação consensual do que envolve a discussão sobre conhecer.

4.2. Um percurso pela Biologia do Conhecer

Para poder justificar o que se espera operar com Sociedades Artificiais optou-se pela teoria da Biologia do Conhecer, desenvolvida por Humberto Maturana como fundamentação teórica. Considera-se que essa é uma teoria traz conceitos suficientemente consistentes para a busca da implementação das Sociedades Artificiais. Suficiente por abordar, em uma mesma estrutura teoria, conceitos que são úteis para a pesquisa, e uma concepção vida e de conhecimento que só seriam possíveis pela articulação de mais de uma teoria ao trabalho, o que acarretaria um grau de complexidade desnecessário. Suficiente também por conter em uma única teoria os pressupostos necessários para sustentar nossa hipótese de trabalho.

Portanto, nessa sessão, fazemos uma retomada de alguns conceitos, que podem ser tomados como ferramenta em nosso intento de buscar subsídios para a implantação de Sociedades Artificiais como ambientes de aprendizagem.

Como uma teoria científica, Humberto Maturana e Francisco Varela (2002) levam a cabo o ato de criar um sistema conceitual capaz de explicar o fenômeno do viver e do conhecer de modo aceitável pela comunidade de observadores. Isso permite que sua teoria seja consistente, mas, exige do interlocutor a assimilação de seu sistema conceitual, sob pena de não conseguir perceber a riqueza da mesma.

Diferentemente das abordagens filosóficas, a Biologia do Conhecer tem sua fonte inspiradora em questões da Biologia. Como biólogo, Maturana desenvolveu uma teoria para explicar o vivo. Partindo do conceito de organização, o autor delimitou a organização específica de um ser vivo e a batizou de organização autopoietica. De maneira geral, um sistema autopoietico é capaz de auto-produção, cuja existência não tem uma finalidade, um propósito de função, nem é passível de instrução pelo meio.

Seu contraponto seria uma máquina, chamada pelo autor de sistema alopoieticos, ou seja, que são produzidos por alguém de fora para dentro (MATURANA, 1997a), diferenciando-os dos sistemas vivos:

"...cada classe de unidades especifica uma fenomenologia particular. Assim, as unidades autopoieticas especificam a fenomenologia biológica como uma fenomenologia que lhes é própria, e que tem características diferentes da fenomenologia física." (MATURANA, 2001, p.61)

A operação cognitiva básica é a operação de "distinção"³⁶ a qual traz implícito o papel do observador. Ao realizar uma distinção, o observador cria uma unidade³⁷ ao separá-la do fundo. Por ser dependente do observador ela é apenas uma entre muitas possíveis, de atualização.

Junto com o conceito de distinção, surge o conceito de domínio. Um domínio é um escopo de abrangência ou de interação. Quando especificamos um domínio estamos realizando um ato de distinção, sem necessariamente criar uma unidade.

Outro aspecto curioso da teoria de Maturana reside no fato de ela ser uma espécie de extensão da teoria de sistemas. Em princípio, Maturana desenvolve todo o aparato conceitual para fundamentar sua teoria, porém, ao longo de seu trabalho, o autor utiliza o termo sistema aceito pela comunidade científica, que é o definido na teoria de sistemas³⁸.

Porém, a teoria dá ênfase, implicitamente, à essência da teoria de sistemas, que é o fato das entidades serem interatuantes, interdependentes e inter-relacionadas. Colocar esses termos no centro da teoria, e, associar a ela o conceito de memória, pode fazer compreender o conceito de acoplamento estrutural. De fato, ao considerar que é um sistema dinâmico, já está implícita a noção de memória. O existir da dinâmica só é possível pela existência da memória, que traz consigo a noção de tempo. Perceber a diferença entre o estado atual e o estado passado é consolidar a dinâmica. Se não existisse dinâmica não existiria tempo, mas é o tempo que nos permite perceber a dinâmica.

³⁶ A realização de um ato de distinção é o ato de designar qualquer ente, objeto, coisa ou unidade, de modo a separar o designado distinguindo-o de um fundo (*ibid*, p.47). Sendo que, este ato, é considerado uma operação cognitiva elementar pelo autor

³⁷ Não é somente uma representação mas a definição de uma realidade, de uma objetificação

³⁸ Ver sessão 5.1.1, Teoria dos Sistemas, página 102.

Fora algumas considerações gerais sobre a teoria de Maturana, até aqui foram definidos os conceitos de distinção e unidade. O próximo passo é a definição de organização e estrutura, ou seja, as unidades distinguidas têm uma organização e uma estrutura:

"Entende-se por organização as relações que devem ocorrer entre os componentes de algo, para que seja possível reconhecê-lo como membro de uma classe específica. Entende-se por estrutura de algo os componentes e relações que constituem concretamente uma unidade particular e configuram sua organização." (ibid, p.57)

Isso significa que, para o autor, a organização é a rede de relações que nos permite a criação de classes, sendo assim, uma classe seria um conceito abstrato composto por um conjunto de relações. Qualquer percepção que identifique esse mesmo conjunto de relações, identifica um ente que pertence a mesma classe. A única diferença que existe no conceito de estrutura é o fato de os componentes serem integrados ao conceito, ou seja, envolve as relações e seus componentes, atribuindo o aspecto concreto ao conceito. A Ilustração 4.4 mostra as definições discutidas até aqui.

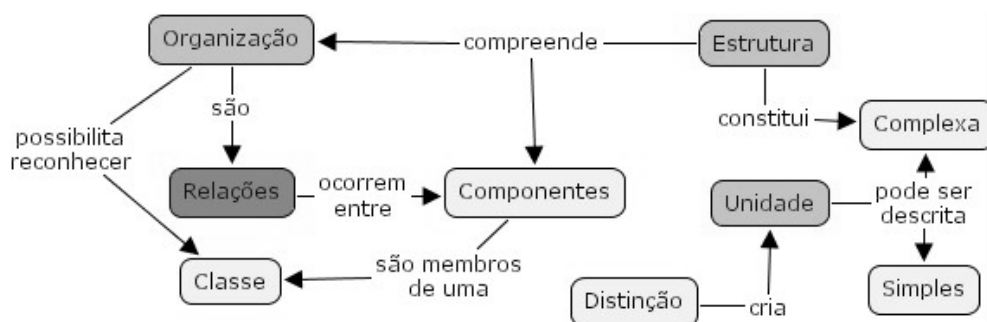


Ilustração 4.4: Principais conceitos da teoria de Maturana

A relação que identifica um ser vivo é sua organização autopoietica: uma rede de relações auto-produtiva. Essa relação, entre o componente, ser, e si mesmo, caracteriza uma organização específica, que define o ser vivo, chamada pelo autor de organização autopoietica. A organização autopoietica é então, a organização das estruturas chamadas de seres vivos. As organizações autopoieticas podem ser moleculares ou não-moleculares. As organizações autopoieticas moleculares definem o que é biológico, e são classificadas pelo autor de organizações de primeira ordem. As organizações multi-moleculares são mais complexas, e determinam os seres vivos em suas unidades, são organizações de segunda ordem. As organizações elaboradas com elementos de organização de segunda ordem, como sistemas sociais, são organizações de terceira ordem. Essa taxonomia representa um ato de distinção de graus de complexidade entre estruturas a partir de moléculas.

As estruturas são dinâmicas, portanto, produzem alterações em seus estados ao longo do tempo. Em uma estrutura, um fenômeno histórico acontece sempre que um estado surge como modificação de um estado prévio. Os fatos históricos são capazes de mostrar as regularidades das interações em sistemas, e nos levam a questionar a origem, ou estado inicial da dinâmica da unidade observada (ibid, p.68).

Segundo o autor: *"A ontogenia é a história das mudanças estruturais de uma unidade, sem que esta perca sua organização"* (ibid, p.86). Ou seja, a ontogenia é dependente do fenômeno histórico. Se mantém-se a organização é porque a unidade ainda pertence a mesma classe, porém, existem mudanças estruturais, como uma estrutura depende de sua organização e de seus componentes, e, sabendo que não houve mudança da organização, conclui-se que a

mudança ocorreu nos componentes do sistema. A ontogenia caracteriza, de certa forma, a existência de uma unidade autopoietica. Ao longo de sua existência, uma unidade pode interagir com outras unidades, ou com o meio³⁹. Essa interação é chamada por Maturana de acoplamento. Quando esse acoplamento é recorrente e muito estável, o autor considera que existe um acoplamento entre suas ontogenias. Esse acoplamento pode produzir mudanças estruturais mútuas e concordantes ao longo da história, até que unidade e meio se desintegram, produzindo, então, o que o autor chama de acoplamento estrutural (*ibid*, p.87). Esse acoplamento existirá enquanto meio e unidade atuarem como fontes de perturbação mútuas e desencadearem mutuamente mudanças de estado (*ibid*, p.112). Um observador que compara mudanças de estado de uma unidade através do tempo pode concluir que essa unidade “aprendeu” cada vez que existir uma congruência maior entre as mudanças de estado e o domínio no qual a unidade interage.

Outro conceito ligado ao conceito de estrutura é o conceito de determinismo estrutural. O determinismo estrutural é a constatação de que, enquanto estrutura, que dependem de uma organização específica e de componentes igualmente específicos, que possui dinâmica em função das interações possíveis, uma unidade possui um operar determinado pela sua estrutura (*ibid*, p.109). É uma percepção quase que causal entre origem e efeito. Não é uma relação causal efetiva porque lida com possibilidades e não com uma resposta direta. Porém, nos permite isolar o escopo de possibilidades existentes. O determinismo estrutural é um aspecto da dinâmica de uma estrutura, que determina um universo de possíveis; é, portanto, uma descrição da configuração da natureza segundo Maturana. Porém, a utilidade desse conceito para o observador é saber que é necessário compreender uma estrutura para poder concluir a cerca de seus possíveis, ou seja, entender a estrutura nos permite entender a maneira como a estrutura opera. Enquanto observadores, não poderíamos conceber um operar sem a noção determinismo da estrutura.

O fato de uma unidade autopoietica possuir um determinismo estrutural não restringe a sua existência. Apesar de saber que os seus possíveis são limitados, não temos como prever o seu operar futuro dadas as suas interações. Podemos supor algumas possibilidades, mas não antecipar um resultado. Se aplicada à estatística, podemos dizer que o resultado é provável. Outra constatação importante é que uma estrutura não pode especificar mudanças em outras estruturas, o que pode acontecer é que uma estrutura desencadeie mudanças em outra estrutura dados os seus acoplamentos. Este aspecto traz consigo uma nova concepção, o conceito de deriva estrutural, de onde decorre o conceito de deriva natural, da qual decorre a evolução:

"Propomos que a evolução acontece como um fenômeno de deriva estrutural, sob contínua seleção filogenética, na qual não há progresso nem otimização do uso do ambiente. O que há é apenas a conservação da adaptação e da autopoiese, num processo em que organismo e ambiente permanecem num contínuo acoplamento estrutural." (ibid, p.130)

O importante no conceito de deriva é isolar a intencionalidade presente na teoria de evolução das espécies. A evolução acontece porque existe acoplamento estrutural em seres autopoieticos. Como o acoplamento produz alterações de estrutura, e como existe certo determinismo na estrutura, o resultado é uma dinâmica de alterações históricas, chamada de evolução, porém, sem a conotação de intencionalidade de melhora. A melhora é apenas um acaso, ou possibilidade comentada pelo observador.

³⁹ O meio também é percebido enquanto ato de distinção e para a unidade em questão é outra unidade.

A Ilustração 4.5 mostra algumas relações entre os conceitos da teoria de Maturana discutidos até então. O mapa permite uma visão geral dos conceitos, mas está longe de estar completo. O conceito de estrutura se completa com a Ilustração 4.4.

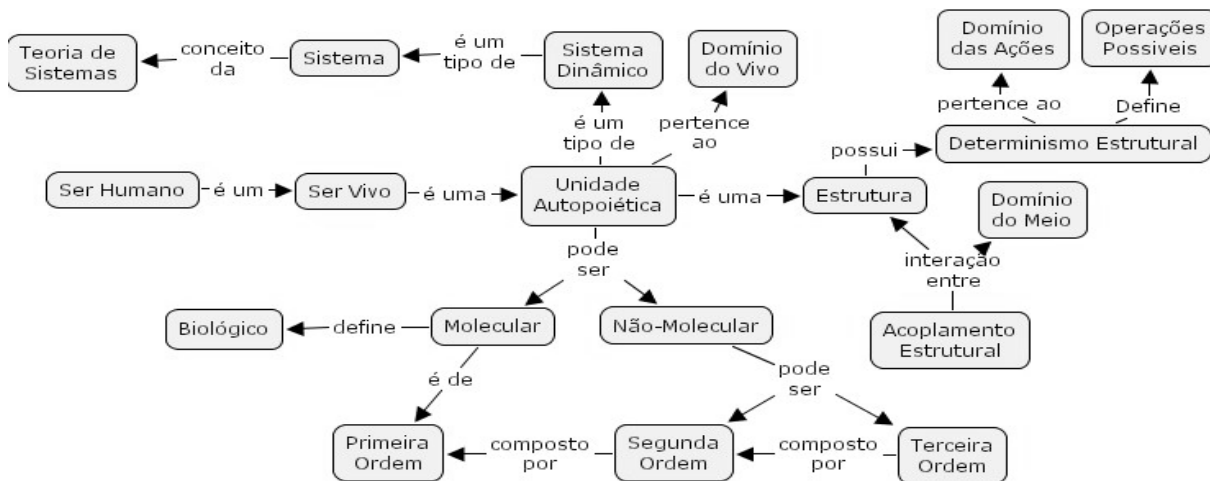


Ilustração 4.5: Representação dos conceitos abordados pela teoria de Maturana

A Biologia do Conhecer pode ser utilizada para abordar vários conceitos que vão além de seu componentes básicos, isso significa que podemos utilizá-la para realizar a leitura de conceitos que já foram defendidos em outras teorias. A principal diferença da teoria de e de sua abordagem principalmente para áreas de tecnologia baseada em informática é justamente o fato dela não contemplar o conceito de informação. Lembrando que a informática é uma ciência da informação, seria um paradoxo utilizar tal teoria como fundamentação teórica em uma pesquisa de informática na educação. Porém, essa teoria traz justamente novos elementos para serem discutidos dentro da informática. Nela mesmo é possível encontrar uma explicação do porque é possível utilizar a informática sem entrar em conflito com o que é defendido na teoria.

4.2.1. Conhecer e Aprender

A Biologia do Conhecer propõe uma explicação para o conhecer e para o aprender. Para Maturana (2001), a discussão sobre conhecimento abrange o domínio do comportamento. Como biólogo, a discussão sobre conhecimento envolve uma discussão sobre o sistema nervoso, mais especificamente o sistema cérebro-neural. Porém, a discussão neuronal fica restrita ao domínio do funcionamento dos seus componentes, de seus estados internos e de suas modificações estruturais (*ibid*, p.150).

Como o sistema nervoso é uma parte de um organismo vivo, funciona com determinação estrutural. Isso significa que o domínio do meio não pode especificar suas mudanças, mas pode desencadeá-las. Essa abordagem nega a visão representacionista, que, conforme a seguinte citação, é a que predomina atualmente:

"Atualmente, a visão mais difundida considera o sistema nervoso um instrumento por meio do qual o organismo obtém informações do ambiente, que a seguir utiliza para construir uma representação de mundo que lhe permite computar um comportamento adequado à sua sobrevivência nele." (ibid, p.146)

Fica claro que o autor se exime dessa visão, portanto, ao contrário de autores como Morin (1999), ele não compartilha da visão do cérebro computacional.

Para Maturana (*ibid*, p.188), a visão representacionista impossibilita a explicação do sistema nervoso momento a momento, como um sistema determinado e com clausura operacional, isto é, em cada interação é seu estado estrutural que especifica quais as perturbações que são possíveis, e que mudanças elas podem desencadear em sua dinâmica de estados .

Porém, simplesmente negar o representacionismo e considerar que o sistema nervoso funciona totalmente no vazio, nos leva ao solipsismo⁴⁰ (*ibid*, p.149). O sistema nervoso não é solipsista porque participa das interações deste com seu meio (*ibid*, p.188). Para contornar esse impasse Maturana separa o problema em termos de domínios diferentes, um é o domínio do funcionamento do sistema nervoso, no qual, não existe relação entre a dinâmica interna do sistema e o ambiente, portanto, o ambiente se torna irrelevante; no outro domínio, o observador estabelece relações entre características do meio e o comportamento da unidade. Nesse caso, a dinâmica interna passa a ser irrelevante. Ambas compreensões são necessárias para entender a unidade, porém, é o observador quem irá os correlacionar a partir de sua perspectiva externa (*ibid*, p.151).

São as expectativas especificadas pelo observador é que irão definir o êxito ou fracasso de uma conduta, isso quer dizer que, o comportamento dos seres vivos não é uma invenção do sistema nervoso e não está ligado exclusivamente a ele (*ibid*, p.154), além do que, o comportamento não é característica apenas de animais com sistema nervoso (*ibid*, p.158). Além dessas colocações, Maturana afirma categoricamente:

"... o sistema nervoso não 'capta informações' do meio, como freqüentemente se diz. Ao contrário, ele constrói um mundo, ao especificar quais configurações do meio são perturbações e que mudanças estas desencadeiam no organismo. A metáfora tão em voga do cérebro com um computador está francamente equivocada." (ibid, p.188)

Até aqui, a discussão sobre conhecimento está centrada no organismo que opera o conhecimento. Mas, Maturana não se restringe a explicar apenas o mecanismo, ele apresenta um conceito sobre o que é conhecimento, dadas as considerações sobre a unidade que o opera. Em princípio, Maturana define conhecimento como:

"Falamos de conhecimento toda vez que observamos um comportamento efetivo (ou adequado) num contexto assinalado. Ou seja, num domínio que definimos com uma pergunta (explícita ou implícita) que formulamos como observadores" (ibid, p.195)

Essa concepção restringe a noção de conhecimento ao observador. Consideramos conhecimento, quando, dada uma pergunta obtemos um comportamento esperado. Mas Maturana acredita que a teoria do conhecimento deveria mostrar como o fenômeno do conhecer gera a pergunta que leva ao conhecer (*ibid*, p.261)

Maturana acredita que existe uma identidade entre ação e conhecimento. Para ele:

"Todo fazer é um conhecer e todo o conhecer é um fazer"(ibid, p.131) e um viver...

⁴⁰ Da tradição filosófica clássica, que afirmava que só existe a interioridade de cada um.

Isso identifica uma circularidade entre ação e experiência, uma relação inseparável entre ser e perceber, o faz afirmar que: *"todo ato de conhecer faz surgir um mundo"* (*ibid*, p.131). A ação é interação necessária entre unidades acopladas estruturalmente, o mundo são os estados momento a momento da unidade neural que opera sobre as interferências do meio.

A última consideração que resta fazer sobre a concepção de Maturana sobre o conhecer é o fato dele considerar o conhecer, uma operação efetiva que se realiza no domínio de existência do ser vivo. Portanto, o conhecer é uma qualidade inerente ao ser vivo.

Maturana (1998) explica a aprendizagem segundo as bases biológicas de sua teoria:

"...existe aprendizagem quando a conduta de um organismo varia durante sua ontogenia de maneira congruente com as variações do meio, e o faz seguindo um curso contingente às suas interações nele." (*ibid*, p.31)

A sua conduta se refere ao seu comportamento, ou a sua mudança de forma ou posição em relação ao seu meio. Assim, a aprendizagem acontece quando existe variação de comportamento ao longo de sua existência, sendo que essa variação ocorre em função da necessidade de acoplamento estrutural entre o ser e o meio, considerando sua história e levando-se em consideração as possíveis, ou eventuais, interações entre eles, ou seja, é um processo de adaptação.

A adaptação do organismo ao meio é um resultado inevitável da necessária conservação da organização da ontogenia do sistema como um todo, é a condição necessária que torna possível sua existência. Além disso, a aprendizagem não tem propósito, é apenas reflexo de sua adaptação estrutural, é um processo que se estabelece no viver, portanto aprender é mudar com o mundo (*ibid*, p.45).

Para Maturana, a aprendizagem produz alguns efeitos que podem ser confundidos com a própria aprendizagem, por exemplo: a geração de uma conduta adequada aos observadores ao meio a partir de uma experiência prévia; a aquisição de uma habilidade nova como resultado da interação recorrente com o meio.

Embora a Biologia do Conhecer não produza uma teoria específica sobre a aprendizagem a mesma é objeto de definição. Para o autores (Maturana e Varela, 2002) podemos considerar a situação de aprendizagem como uma situação de interação no âmbito social de terceira ordem. A aprendizagem é um processo que ocorre pela mudança estrutural que acontece nas unidades acopladas pela recorrência da convivência. Não há interações instrutivas, ou seja, os agentes produzem perturbações que serão processadas por cada participante do sistema social, ou melhor dito, do domínio de conhecimento compartilhado, de acordo com sua estrutura atual. A aprendizagem não acontece somente em interações com essa intencionalidade. A vida cotidiana é um processo de contínua aprendizagem no qual é resultante adaptação às perturbações. Esse acoplamento, por ser social, acontece através da linguagem na coordenação de coordenações consensuais. Nessa abordagem competição e cooperação são igualmente adaptações na ontogenia da unidade, portanto, uma avaliação valorativa é apenas o reflexo das expectativas do observador, ou seja, não existe uma relação de superioridade na dinâmica dessas interações. É necessário restringir-se o domínio somente aos acoplamentos entre sistemas de segunda ordem do tipo pessoas, que são os tratados nos conceitos de interação de Salvador. Isso porque, para Maturana as adaptações podem ocorrer entre acoplamentos do organismo de segunda ordem que não são necessariamente outras

peças e mesmo assim seria possível identificar aprendizagem, independente da condição de competição ou cooperação, pois para se acoplar haveria a necessidade de adaptação.

4.2.2. O Social na Visão de Maturana

A Biologia do Conhecer também aborda a questão das relações sociais. Para o autor, os sistemas autopoieticos de terceira ordem são sistemas sociais⁴¹. Por serem sistemas que emergem a partir de sistemas autopoieticos de primeira e segunda ordem, são explicados e compreendidos segundo os conceitos da sua teoria, por exemplo, Maturana (1998, p.44) afirma que a sociedade é parte do meio no qual um organismo mantém sua organização e estrutura.

Maturana (2001, p.200) descreve os acoplamentos de terceira ordem como uma fenomenologia peculiar de organismos com sistema nervoso, pois, ao longo de sua ontogenia, adquirem um caráter recorrente, mantendo a individualidade das unidades acopladas, mesmo no prolongado devir de suas interações. Como dito, esses acoplamentos só acontecem em organismos com sistema nervoso que participam de interações recorrentes, mas são o resultado natural da congruência de suas respectivas derivas ontogênicas. São acoplamentos comportamentais necessários para a continuidade de uma linhagem em organismo com reprodução sexuada, principalmente em casos nos quais os filhotes necessitam de cuidados por parte dos pais (*ibid*, p.201).

Maturana considera os acoplamentos como mecanismos que operam e determinam diferentes domínios. Acoplamentos químicos, realizados pelo intercâmbio de substâncias, entre a maioria dos insetos sociais, criam e caracterizam acoplamentos sociais. Mas o acoplamento social não se restringe somente a insetos. Em rebanhos, a caracterização do acoplamento se dá pelo comportamento peculiar, no qual animais distintos cumprem papéis diferentes. Dessa maneira, os membros desses rebanhos podem se relacionar em atividades que não lhes seriam possíveis como indivíduos isolados. A interação é fundamentalmente visual e auditiva, e lhes permite gerar um novo domínio de fenômenos que os indivíduos isolados não poderiam produzir, chamados fenômenos sociais. Surge um acoplamento estrutural grupal, no qual, cada indivíduo está continuamente ajustando sua posição na rede de interações formada pelo grupo. A interação entre grupos caracteriza um acoplamento intragrupal onde estabelece-se uma hierarquia de dominação (*ibid*, p.207-213).

O desencadeamento mútuo de comportamentos coordenados entre os membros de uma unidade social pode ser compreendido pelo observador como comunicação, essa coordenação comportamental seria resultado da comunicação (*ibid*, p.214). Esse conceito de comunicação difere do senso comum por considerar que essa só existe em unidades estruturalmente determinadas, nas quais, as interações não instrutivas, ou seja, o que acontece em um sistema não é determinado pelo agente perturbador e sim pela dinâmica estrutural desse sistema. No cotidiano, cada pessoa diz o que diz e ouve o que ouve segundo sua própria determinação estrutural (*ibid*, p.218).

Para Maturana, a análise da fenomenologia social humana deve levar em conta os fundamentos biológicos dessa fenomenologia para ser eficiente. A coerência e harmonia nas relações e interações dos integrantes de um sistema social devem-se à coerência e à harmonia de seu crescimento em meio a ele. Isso ocorre em uma contínua aprendizagem social, que é

⁴¹ Ver Ilustração 3.4, página 40.

definida pelo seu próprio funcionamento social, e que é possível graças aos processos genéticos e ontogênicos que permitem sua plasticidade estrutural.

4.2.3. Considerações

Na teoria de Maturana não existe a idéia de transferência de informação, como foi visto nessa sessão, existem somente configurações que podem produzir perturbações passíveis de desencadear mudanças de estado em determinada unidade. Se considerarmos a questão da aprendizagem essa unidade pode ser tomada como o estudante. O que chamamos de transferência de informações é o resultado de um processo de conversar a partir do qual é possível estabelecer um domínio de congruências mais ou menos estáveis entre os participantes da rede de conversação. Tudo se passa então como se houvesse transmissão, quando não atentamos que esse é o resultado de um mecanismo de coordenação de ações.

Assim, uma ação educativa deve promover ao máximo a possibilidade de coordenação de coordenações de ações capazes de produzir um domínio consensual dentro de determinado campo de conhecimento. Por isso pensamos que as simulações nos ambientes de Sociedades Artificiais podem facilitar o exercício de um montante significativo de coordenações de coordenações de ações.

O resultado do acoplamento estrutural entre Sociedades Artificiais e estudantes pode ser observado através de fenômenos como o da imersão. A sensação de implicação, de um mergulho em um campo de relações tem efeitos de aprendizagem tanto pelo tempo de permanência nesses ambientes, quanto pela coordenação de ações passíveis de serem exploradas e categorizadas.

O pensamento lógico, ou as estratégias, podem ser explicadas em termos de organização de unidades que forma estruturas. A vantagem dessa abordagem é que, o conceito de estrutura traz consigo a noção de determinismo estrutural, dessa forma, a noção de lógica é ampliada de uma mera linguagem de representação do pensamento, para um sistema complexo, cujo comportamento depende da dinâmica de acoplamento estruturais.

Em relação às idéias clássicas de conhecimento/aprendizagem, a teoria de Maturana traz novas possibilidades. Por exemplo, sua teoria comporta a noção de dinâmica recorrente. Essa noção permite a compreensão de sistemas dinâmicos complexos, como aqueles produzidos pelas interações sociais. Essa compreensão amplia o que pode-se explorar em termos de relações interpessoais. Também, ao considerar a posição do observador, aborda a autoria na produção dos modos de conhecer, que decorre do observar e sofre influência das expectativas do observador no ato de conhecer.

Uma objeção que pode ser colocada ao pesquisador de IA é se não seria uma contradição sugerir o uso de uma teoria não representacionista como a Biologia do Conhecer para implementar sistemas que são basicamente criados a partir dos conceitos de ciências da informação. A exemplo da solução adotada por Maturana, que restringe a discussão neuronal ao domínio do funcionamento de seus componentes mantendo a discussão sobre conhecimento no domínio do comportamento, poderíamos considerar, analogamente, que a elaboração e modelagem do sistema se restrinja ao domínio do funcionamento de seus componentes, mantendo a discussão de sua utilização no domínio do comportamento. No domínio do funcionamento dos componentes de um sistema computacional nos valem de conteúdo de ciências da informação, no que diz respeito a interação e comunicação entre os

componentes, porém, precisamos criar um sistema com clausura operacional, ou seja, um sistema fechado, no qual, não existe relação entre a dinâmica interna do sistema e o ambiente. Uma postura semelhante ao conceito de encapsulamento em programação orientada a objetos. Nesse caso, o encapsulamento é transferido do objeto para o agente computacional. No domínio do comportamento o observador estabelece relações entre características do meio e o comportamento da unidade, sendo irrelevante a dinâmica interna do sistema.

É nesse contexto que se percebe também o porque que as soluções de cientistas da computação na construção de componentes podem diferenciar dos abordados em processos de educação. Em uma ciência de informação, como a computação, basta se restringir à transferência de informações em meio digital. Já no processo de aprendizagem, defendido nesse trabalho, não existe transferência de informação, existe somente a perturbação de uma determinada configuração do ambiente que irá produzir perturbações no organismo acoplado. Aquilo que chamamos de transferência de informação é o resultado de um longo processo de coordenações de coordenações consensuais de ação. São dois modos de explicação distintos. Por isso, implementar um ambiente de aprendizagem é implementar uma gama de possibilidades de coordenações de ações. Agir, coordenar as próprias ações entre si, coordenar as ações com outros participantes do domínio de conhecimento, ser responsável pelas opções de ações adotadas, ser co-autor no processo de construção do conhecimento, adaptar-se a novas interações, interagir em ambientes complexos, são alguns exemplos de conduta de coordenações de ações no aprender, que são significativamente diferentes do conceito de transferência de informação.

4.3. O domínio sociológico como um domínio de conhecimento

Se estamos propondo uma ferramenta tecnológica denominada de Sociedades Artificiais capaz de ser efetiva na promoção de aprendizagem de conceitos sociais cabe mapear um pouco esse campo conceitual. Portanto, essa sessão visa referenciar alguns conceitos relativos aos estudos de sociedades. A idéia é apresentar uma visão geral do domínio para evidenciar que nessa implementação a compreensão de realidade é distinta daquelas do domínio da conduta individual, porém, é a conduta individual que constrói a realidade social.

O objetivo é orientar uma compreensão sobre o social que possa ser útil para a pesquisa. Basicamente, uma noção do que pode-se trabalhar ou do que deve ser considerado quando da utilização de Sociedades Artificiais em informática educativa. Como por exemplo, a diferença entre o conceito de ciências sociais e sociologia, da qual se destaca o conceito de alienação e coerção, ou, também, a noção de que a tomada de decisão social pode ser distinta da tomada de decisão individual.

4.3.1. Método Sociológico

Não poderíamos falar de sociedade sem abordar o objeto de estudo da sociologia, o fato⁴² social. Émile Durkheim (2003), em *As regras do método sociológico*, escrito em 1897, delimita o conceito de fato social, para, a partir deste, elaborar o método sociológico. A definição do escopo do termo fato na sociologia se faz necessária para definir o seu objeto de

⁴² Um objeto ou evento não é um fato, o fato só existe quando um evento recebe um gênero muito específico de descrição. São a descoberta de certos enunciados sobre os quais possamos concordar unanimemente (MARX, 1973, p.18).

estudo, se isso não fosse feito, o seu domínio poderia ser confundido com o da biologia e da psicologia. O problema é que o termo fato é empregado para designar quase todos os fenômenos que ocorrem na sociedade, que apresentem algum interesse social. Em princípio, os fatos sociais pertenceriam a um determinado grupo de fenômenos que se distinguem por características acentuadas dos estudados pelas outras ciências da natureza. Durkheim define duas características distintivas do fato social: a sua exterioridade em relação às consciências individuais; e a ação coerciva que exerce ou é suscetível de exercer sobre essas mesmas consciências (*ibid*, p.31).

A exterioridade significa que existem maneiras de agir, de pensar e de sentir exteriores ao indivíduo, que apresentam a notável propriedade de existir fora das consciências individuais, ou seja, elas existem antes de serem tornadas conscientes por alguém. O sistema de sinais utilizados para expressar o pensamento, o sistema monetário empregado para pagar as dívidas, os instrumentos de crédito utilizados nas relações comerciais, as práticas seguidas na profissão, etc, funcionam independente do uso que se faz deles. São dotadas de um poder coercivo em virtude do qual se impõem. Por isso, não podem confundir-se com fenômenos orgânicos, pois são representações e ações; nem com os fenômenos psíquicos que só existem na consciência individual. A estes fatos são atribuídas e reservadas a qualificação de sociais. Por serem externas ao indivíduo, só podem estar no social, e por não estarem em nenhuma outra categoria de fatos já constituídas ou denominadas, são domínio da sociologia. A ação coerciva do fato social se percebe pelo fato de que a maior parte das idéias e tendências vêm do exterior, portanto, elas só podem ser assimiladas impondo-se (*ibid*, p.32-33). A presença desse poder se reconhece pela existência de uma sanção determinada ou pela resistência que o fato opõe a qualquer iniciativa individual que tende a violá-lo. (*ibid*, p.37). Além disso, só há fatos sociais onde houver organização definida (*ibid*, p.34).

Ao observar a educação sob a ótica da definição de fato social, percebe-se que esta consiste em um esforço contínuo para impor à criança maneiras de ver, de sentir, de agir às quais ela não teria chegado espontaneamente. Desde que nascem às obrigações: a beber, dormir e beber nas horas certas; à limpeza, à calma, à obediência; a ter em conta os outros, a respeitar os usos, as conveniências, a trabalhar, etc. A educação, portanto, tem, justamente por objetivo fazer o ser social. A pressão vem do meio social que tende a moldá-la à sua imagem; nesse meio os pais e professores são apenas intermediários. A mera repetição de um movimento por todos os indivíduos, ou um pensamento comum a todas as consciências particulares não caracteriza um fato social. O ato coletivo se torna um fato social quando se transmite pela educação através da comunicação, ou seja, quando ele se torna exterior à consciência particular e se distingue das repercussões individuais. Sendo assim, correntes de opiniões que levam, mesmo em diferentes intensidades e culturas, ao casamento, ao suicídio, a natalidade, são claramente fatos sociais. Por serem externos ao indivíduo, os fatos sociais geram fenômenos que não são influenciados e nem determinados pelas circunstâncias individuais. Quanto às suas manifestações privadas, a consciência dos fenômenos sociais, reproduzem um modelo coletivo; mas cada uma delas depende também da constituição orgânico-psíquica do indivíduo, das circunstâncias particulares em que está colocado, e, portanto, não são fenômenos propriamente sociológicos, podendo ser chamados de sóciopsíquicos (*ibid*, p.35-37).

Qualquer fato social é imitado e tem uma tendência para generalizar-se, mas isso porque é social, ou seja, obrigatório. O seu poder de expansão não é a causa, mas sim a consequência do seu caráter sociológico (*ibid*, p.38).

Fica claro que o fato social, para Durkheim, é resultado de uma ação coletiva, porém, só assume o caráter de fato social quando passa a existir independente da ação do indivíduo, quando deixa de ser efeito e passa a ser causa de comportamento. Essa condição só se satisfaz porque o fato social possui poder de coerção, ou seja, só é fato social se possuir poder de coerção sobre o indivíduo para impor modelos de comportamento coletivos.

Em uma Sociedade Artificial, a exterioridade deveria ser considerada como um fenômeno decorrente das interações individuais. Para que isso fosse possível os agentes deveriam sofrer alterações da sua estrutura, a partir de seus acoplamentos, o que determinaria alterações em sua conduta no meio. Quando a conduta de um agente passasse a ser a conduta de outros por intermédio de uma perturbação ocorrida na interação entre os agentes, que permanece ao longo de gerações, estaríamos diante de um fato que se tornou externo ao agente. Em uma simulação o desafio seria elaborar as interações que poderiam promover esse fenômeno. A exterioridade seria então compreendida como um fenômeno da conduta individual do agente. A coerção seria uma característica da forma como ocorrem os acoplamentos entre os agentes.

Outra possibilidade seria de promover alterações no domínio das interações sociais a partir da definição de um sistemas de regras comuns aos agentes. Esse tipo de intervenção caracteriza a ação pró-ativa do aluno como o sistema. A partir dela o aluno poderia coordenar as regras de forma a compreender que dinâmica elas podem impor ao sistema.

4.3.2. Alienação Social e Ideologia

Marx, *apud*. Chauí (2002, p.170), procurou entender porque os seres humanos não acreditam que a sociedade foi instituída por eles, porque não percebem que são eles quem determinam as instituições sociais⁴³ e políticas⁴⁴ em condições históricas determinadas. A alienação é o desconhecimento da origem e das causas da ação sociopolítica e histórica, ou práxis. É, portanto, o fenômeno pelo qual os homens criam ou produzem alguma coisa, dão independência a essa criatura como se ela existisse por si mesma, deixam-se governar por ela como se ela tivesse poder em si e por si mesma, não se reconhecem na obra que criaram, fazendo-a um ser-outro superior a eles e com poder sobre eles.

Para compreender o fenômeno da alienação, Marx, *apud. ibid*, verificou que uma sociedade⁴⁵ sempre começa pela divisão social do trabalho, na luta pela sobrevivência; os seres humanos se agrupam para explorar os recursos da Natureza e dividem as tarefas, e a partir dessa divisão organizam a primeira instituição social, a família. Estas, por sua vez, trabalham e trocam entre si os produtos do trabalho, surge então uma segunda instituição social, a troca ou o comércio. A troca cria desigualdades em função das quantidades produzidas e essa desigualdade faz surgir a terceira instituição social, o trabalho servil, que leva à escravidão. O controle passa a ser exercido por famílias poderosas que excluem as demais, surge a quarta instituição social o poder político de onde surge o estado. Para lidar com a submissão ao poder, os seres humanos elaboram mitos e ritos, criam outra instituição social, a religião, um novo poder social que transcende a condição humana. Essa luta de poderes mostra a condição do ser social, a qual consiste em um conflito entre quem quer

⁴³ Família, relações de produção e de trabalho, relações de troca, linguagem oral, linguagem escrita, escola, religião, artes, ciências, filosofia.

⁴⁴ Leis, direitos, deveres, tribunais, Estado, exército, impostos, prisões.

⁴⁵ Pequena, grande, tribal, imperial, não importa a dimensão

oprimir e mandar e o desejo dos outros de não serem oprimidos. A sociedade é, portanto, estruturada pelas divisões entre aqueles que possuem e os que não possuem. Essa estrutura fundamental é revelada pelas instituições sociais criadas pelas divisões das classes sociais. Esse conjunto de instituições, que referem-se ao conjunto de práticas sociais, utilizadas pelos homens, garante a sobrevivência por meio do trabalho e da troca de produtos do trabalho, que constituem a economia. Marx deu a isto o nome de condições materiais da vida social e política (*ibid*, p.171).

A partir desses estudos, Marx, também elaborou a teoria do materialismo histórico, na qual, afirmava que as instituições sociais, políticas e culturais, as ideologias predominantes e a própria consciência do povo são modeladas pelas relações econômicas e pelas condições materiais (ROHMANN, 2000, p.260).

A alienação é, portanto, o desconhecimento das condições histórico-sociais concretas em que vivemos. É dual. Por um lado, os homens não se reconhecem como agentes e autores da vida social com suas instituições, ou seja, não percebem que instituem a sociedade; mas, por outro lado e ao mesmo tempo, julgam-se indivíduos plenamente livres, capazes de mudar suas vidas individuais como e quando quiserem, ou seja, ignoram que a sociedade instituída determina seus pensamentos (CHAUI, 2002, p.172).

Assim, a alienação assume três formas distintas: a alienação social, a alienação econômica e a alienação intelectual. Na alienação social, discutida anteriormente, os humanos não se reconhecem como produtores das instituições sociopolíticas, aceitam o social como algo além da condição humana mas não aceitam estarem condicionados ao social. Na alienação econômica, os produtores não se reconhecem como produtores nem se reconhecem nos objetos produzidos por seu trabalho; o trabalho humano é transformado em um produto vendido aos detentores de capital; o trabalhador identifica o que produz, aceita não possuí-lo como se isso fosse justo e natural. A alienação intelectual é a separação entre trabalho material e trabalho intelectual. Neste caso, existem três formas de alienação: primeiro esquecem ou ignoram que suas idéias estão ligadas às opiniões e ponto de vista da classe a que pertencem, imaginam que são idéias universais, válidas para todos, em todos os tempos e lugares; em segundo lugar, esquecem que as idéias são produzidas por eles para explicar a realidade e passam a acreditar que elas são a própria realidade que são descritas na forma de teorias gerais; e em terceiro lugar, passam a acreditar que as idéias existem por si próprias, que se produzem umas as outras e que somos apenas instrumentos delas; as idéias se tornam separadas dos autores, externas a eles (*ibid*, p172-173).

A alienação social se exprime numa teoria do conhecimento espontânea, que forma o senso comum da sociedade. Através desta são imaginadas explicações e justificativas para a realidade tal como é percebida diretamente. Essa elaboração intelectual adotada pelo senso comum é chamada de ideologia, através dela, as opiniões e as idéias de uma das classes sociais são transferidas para todas as classes, tornando-se seu ponto de vista. Sua função principal é ocultar as divisões sociais e políticas. Apesar das diferentes classes sociais pertencemos a uma mesma humanidade, nação, pátria, raça. Passamos a acreditar que as diferenças sociais não são frutos da divisão social e sim das diferenças individuais dos talentos e das capacidades, da inteligência, da força de vontade. A produção ideológica da ilusão social faz com que todas as classes sociais aceitem as condições em que vivem, sem perceber que existe uma contradição entre as condições reais e as idéias. Para alcançar esse resultado, as ideologias se valem de processos de: *inversão*, isto é, coloca os efeitos no lugar das causas e as transforma em efeitos, uma vez implantada a ideologia passamos a tomar os efeitos pelas causas, por exemplo, a dita fragilidade feminina é considerada uma condição

natural e não uma condição decorrente da divisão social do trabalho e de interesses econômicos e políticos; de produção do *imaginário social*, as imagens diretas da vivência social são transformadas através do pensamento racional em esquemas coerentes e sistemáticos, passando a ser representações "verdadeiras" da realidade e transformando-se em normas de conduta e comportamento, formando um imaginário que explica a realidade e prescreve para a sociedade o que ela deve e como deve pensar, falar, sentir e agir, assim, elimina dúvidas, ansiedades, angústias, admirações e oculta as contradições da vida social e entre estas e as idéias que a explicam e controlam; de *silêncio*, um imaginário social só existe porque nem tudo é dito, nem pode ser dito, porque, se tudo fosse dito, esse perderia a coerência, seria contraditório e ninguém acreditaria nele (*ibid*, p172-175).

A preocupação da inversão provocada pela ideologia apresentada por Marx é equivalente à apresentada por Maturana ao afirmar que não devemos modelar efeitos mas sim causas. A dificuldade de enxergar as causas é reflexo de nossa condição de compreensão. O social se vale dessa dificuldade e a utiliza como estratégia para manter o poder. O curioso é que o próprio conceito de poder é um ato de alienação. A causa da necessidade de poder seria apenas a necessidade de sobrevivência, mas, quando essa necessidade deixa de ser meio e passa a ser fim ela se torna uma forma de alienação. Por viver nessa alienação o ser humano não aprende a diferenciar causas de efeitos. Não aprende a diferenciar social e individual. Passa a acreditar que determinado comportamento coletivo faz parte da natureza humana, e por imitação passa a repetir o comportamento, muitas vezes indo contra sua própria natureza. Na internet é possível constatar-se essa realidade quando se fala da preocupação de acesso a informações. As empresas e famílias são incentivadas a restringir o acesso a informação por não serem capazes de identificar o que é "certo" ou "errado". Não compreendemos que não conseguimos fazer essa distinção porque não a aprendemos, e não a aprendemos porque não somos capazes de separar o individual do coletivo.

Ao interagir como uma Sociedade Artificial de forma pró-ativa, o aluno estaria elaborando as relações existentes entre ação individual e fenômeno social decorrente. Seria um exercício de construção e compreensão de causas e efeitos não lineares em um domínio social complexo. Ao aprender sobre como diferenciar causas de efeitos, o aluno poderia transferir esse aprendizado para o seu viver, alterando assim a sua noção de tomada de decisão em ambientes sociais.

Considerando como exemplo a noção de materialismo histórico, poderíamos criar uma simulação social na qual existem bens que são distribuídos pelos agentes. Como são recursos limitados, a distribuição estaria sujeita a regras econômicas. O aluno poderia interferir nas regras econômicas e identificar que efeitos suas interferências produzem na condição social. Em uma política de consumo baseada em oferta e procura, o que aconteceria com o consumo se fosse aumentado o valor dos produtos? E se os produtos fossem, ao invés da mera oferta e procura, distribuídos equanimente entre os agentes, como se comportaria a economia? Seria interessante aumentar taxas de juros sobre compras para evitar o consumo? A taxa de risco em financiamento de compra deveria ser calculada somente em função da capacidade de pagamento de dívida do agente ou deveria se considerar sua capacidade de pagamento de dívida depois de aplicada a taxa de coerção ou de multa por inadimplência? Esses são alguns exemplos de que tipos de relações poderiam ser trabalhadas na interação com uma simulação social.

A alienação constatada por Marx é o mesmo princípio utilizado por Durkheim para identificar o que são os fatos sociais. Apesar de ambos utilizarem essa concepção para fins distintos, a estrutura do comportamento social é ponto passivo para ambos. Por incrível que

pareça é a mesma natureza descrita por Platão na sua noção de idéia. Na aceitação de um ser absoluto, de um social que está além do indivíduo, de uma natureza que não é inerente ao ser vivo. O curioso é que para descrever o ser absoluto, todos se valem de uma constatação estética da natureza humana; o fato de sermos "vítimas" das percepções, das sombras, da nossa natureza de observadores relacionais.

Outro aspecto importante no conceito de social de Marx é a ênfase na noção de divisão. O ser social é uma consequência da divisão. Matematicamente falando, a divisão é a contagem de uma seqüência de subtrações. Dividir significa perder, é o contrário da multiplicação que significa acumular, agrupar. O paradoxo está no fato de que o coletivo é um acúmulo de seres que só existe se houver divisão. O que sugere uma natureza estabilizadora.

4.3.3. Teorias e escolas adjacentes

No ímpeto de entender o social, muitas teorias foram e ainda são utilizadas. Algumas novas e inéditas, outras baseadas em concepções históricas. Muitas deram origem a noções de realidade social, algumas apenas indicam a lógica peculiar que deve ser considerada quando do pensamento social, principalmente no que diz respeito aos processos de decisão e escolha; outras explicam o aprendizado em termos de relações sociais. As teorias sociais nos servirão como indicadores do que podemos explorar em termos de simulação social baseada em Sociedades Artificiais.

O elemento comum a todas elas é a interação entre elementos, seja ele concorrente e estabilizador como o conceito de dialética, seja ele acumulativo como a cooperação e colaboração.

Essa sessão apresenta algumas dessas teorias que podem ser úteis para a compreensão do conceito de social que está sendo apresentado para, a partir deste, encontrar variáveis para serem manipuladas e simuladas nas sociedades. Também podem ser úteis no processo de modelagem computacional aos desenvolvedores, como norteador do que se espera alcançar quando se fala de simulação social sob o enfoque de Sociedades Artificiais. Para os utilizadores da tecnologia pode servir como uma lista de sugestões de conceitos que podem ser trabalhados no processo de aprendizagem.

4.3.3.1. Teoria das decisões

É o método de tomada de decisão que emprega a análise estatística para projetar e avaliar os prováveis resultados em situações de incerteza ou risco; empregado na economia, na ciência política e em outras ciências sociais. Em geral, aplica-se a situações não-competitivas, nas quais o resultado não depende das decisões de terceiros. A ferramenta estatística preferida é a inferência bayesiana, que avalia as alterações nas probabilidades e as expectativas geradas por meio do acréscimo de novas informações e experiências passadas (ROHMANN, 2000, p.389).

A importância da teoria das decisões no escopo de estudo do social, está no fato de que todo ser social precisa decidir em algum momento, inclusive, decidir qual o seu grau de alienação e, conseqüentemente, qual seu grau de ser social. Esta, juntamente com outras teorias que serão vistas a seguir, interferem, em diferentes graus e formas, nas interações sociais, visto que estas não são meramente lineares e deterministas. Isto porque, em sociedade nem sempre a idéia mais eficiente em termos de valoração de recursos é a melhor escolha, ou

seja, não é aceita pela nossa consciência individual, senão, mataríamos todos os velhos e deficientes e qualquer um que só consome recursos sem produzir outros.

4.3.3.2. Teoria dos jogos

A teoria dos jogos é utilizada nas situações de competição para descrever o processo de tomada de decisão. Complementa, então, a teoria das decisões. Uma competição, entre uma ou mais entidades, caracteriza o coletivo; portanto, se explica a sua utilização em áreas e modelagem social.

Nos jogos que não são de resultado nulo, ou de motivação mista, ambos os lados podem lucrar, ou lucrar em graus diversos. Os jogos de motivação mista são mais interessantes para os teóricos dos jogos, que se preocupam com a aplicação dos princípios teóricos às relações sociológicas, econômicas e políticas do mundo real, onde as conseqüências geralmente são o resultado de acordos e concessões, e não de vitórias onde o ganhador leva tudo. Afirma que na maioria das situações, os jogadores adotam a estratégia predominante, aquela que produz menos perda, faça o que fizer o outro jogador (*ibid*, p.395).

Apesar de útil em áreas sociais, a teoria dos jogos, não considera os aspectos de alienação discutidos, nem mesmo questiona se as opções são justas ou não. Apenas confronta uma provável decisão individual em função dos outros. É um caso de modelagem de efeitos e não de causas como já citado anteriormente. Isso não significa que não seja útil, significa apenas que se propõe a ser uma probabilidade e que se realiza apenas enquanto sua proposta.

4.3.3.3. Teoria das Expectativas Racionais

É a teoria econômica segundo a qual, o povo utiliza todas as informações disponíveis para prever as condições futuras e baseia suas decisões nessa previsão. Ao contrário, a teoria das expectativas adaptáveis, também chamada de aprendizagem com os erros, afirma que as pessoas confiam mais nas experiências passadas do que nas expectativas futuras. Suas decisões são praticamente adaptações à diferença entre as expectativas anteriores e seus resultados reais (*ibid*, p.151).

A teoria das expectativas racionais aplica a teorias das decisões e, em alguns casos, a teoria de jogos, no processo de explicação do motivo da tomada de decisão. A importância dela está no fato de indicar a necessidade do ser humano de prever condições futuras, e, conseqüentemente, da nossa necessidade de se valer de estratégias de tomada de decisão. A peculiaridade está no fato de que essas decisões são tomadas em âmbito social. Uma mesma decisão pode, dependendo do nível, utilizar tanto a teoria de decisões quanto a teoria de jogos. Por exemplo, uma decisão de compra de ações pode ser concluída por valoração das cotações, baseado na teoria das decisões, sem que se leve em conta que a oscilação dos valores é conseqüência de uma competição de mercado. É provável que a análise da competição de mercado, segundo a teoria de jogos, apresente um resultado distinto do apresentado pela teoria das decisões valoradas, porém, a longo prazo essa poderia ser a melhor decisão. Essas constatações identificam o conceito de complexidade discutido na sessão de modelagem computacional.

4.3.3.4. Teoria da Escolha Pública

É a teoria que procura aplicar certos princípios econômicos aos processos decisórios "fora do mercado", especificamente na política; relacionada, às vezes confundida, com a teoria da escolha social. Nas instituições públicas, as decisões que, em termos ideais, requerem cooperação sempre são prejudicadas pelos interesses particulares de indivíduos (*ibid*, p.135).

A escolha pública tem seu grau de complexidade agravado por ser tomada dentro de uma instituição, ou seja, dentro da materialização do ato de alienação. Nela surge o conflito dos interesses individuais versus interesses sociais, porém, já está implícito no individual os interesses sociais de determinada classe, portanto, são apenas interesses ideológicos.

4.3.3.5. Teoria da Escolha Social

É a teoria que analisa decisões tomadas por grupos de pessoas, especialmente a relação entre as preferências individuais e o conjunto de suas decisões; também chamada de *escolha racional*. O *teorema da impossibilidade* de Kenneth Arrow afirma que o resultado da decisão de um grupo (ou massa) não é necessariamente compatível com as escolhas individuais dos que o compõem. Arrow mostrou que não é possível formular um sistema racional, com base em uma escolha livre não-forçada, que possa traduzir as preferências individuais em preferências sociais sem violar uma ou mais condições necessárias de um pequeno grupo. O princípio da *transitividade*, segundo o qual, quando se prefere A a B, e se prefere B a C, deve-se, por conseguinte, preferir A a C, é um exemplo dessa incompatibilidade. Por exemplo, como pode ser visto na Tabela 8, três eleitores classificando três candidatos em ordem de preferência: o eleitor 1 os classifica A, B, C, o eleitor 2 os classifica B, C, A, e o eleitor 3 os classifica C, A, B; embora a maioria (dois terços) prefira A a B e B a C, a maioria (novamente dois terços), também preferem C a A (*ibid*, p.136).

Tabela 8: Exemplo de escolha social

<i>Eleitor</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Preferência</i>	<i>Eleitores</i>
1	1º	2º	3º	A a B	1 e 3
2	3º	1º	2º	B a C	1 e 2
3	2º	3º	1º	C a A	2 e 3

À luz do pensamento de Arrow, os teóricos da escolha social empregam uma série de técnicas analíticas e estatísticas para estudar como se tomam decisões e como aprimorar os processos decisórios nos órgãos de governo e em outras instituições que representem interesses diversos ao invés da tomada de decisão direta (*ibid*, p.136).

4.3.3.6. Teoria Malthusiana da População

É a teoria econômica e social que afirma que a população sempre cresce a uma velocidade superior à do estoque de alimentos. Foi postulada pelo demógrafo Thomas Malthus, dizendo que enquanto a população cresce em progressão geométrica, a produção de alimentos só cresce em progressão aritmética. Além disso, todo aumento de rendimentos significativo é acompanhado de um aumento no tamanho da família, portanto, o padrão de vida jamais melhora. Só é possível evitar a extinção da humanidade por meio do "controle" do

crescimento da população que são: passivos ou "preventivos", que eram abstinência, casamento tardio e "imoralidade" (aborto e controle da natalidade); e os controles ativos, ou "positivos" que eram a guerra, a fome e peste (*ibid*, p.397).

O aspecto importante dessa teoria é o que afirma Durkheim quanto a tendência de analisar efeitos sociais enquanto fatos sociais. Mais uma vez se reflete a alienação pois se torna externa uma relação direta da capacidade de produção, sem que sejam consideradas a capacidade tecnológica, nem mesmo a noção de evolução tecnológica. É uma visão puramente relativa, fruto da tentativa de institucionalização de uma percepção direta, sendo parte do imaginário social que cria uma ideologia.

4.3.4. Considerações

Ao definir que o tipo de aprendizagem esperado em Sociedades Artificiais é a aprendizagem de noções de interação social, visando, principalmente, a tomada de decisão social, precisamos indagar ao campo sociológico os modos como o social é pensado e como as diferentes teorias poderiam converter-se em conteúdos simuláveis das sociedades a serem implementadas.

Como pôde ser visto pelas diferentes teorias de ciência social, o conceito de social pode ser compreendido sobre diversas formas. Alguns modos de explicar fenômenos sociais podem ser objeto de formulação e implementação cujas variáveis poderiam ser diferenciadas e manipuladas em sistemas de simulação social, por exemplo, na teoria dos jogos, o dilema do prisioneiro poderia ser elaborado pelas interações que poderiam gerar as possibilidades apresentadas na teoria. A condição de otimização das tomadas de decisão é decorrente das decisões individuais, mas não são os resultados que regem a decisão e sim a decisão que determina o resultado, ou por analogia, não é a sociedade que rege o comportamento individual é o comportamento individual que determina a sociedade. Esse é mais um exemplo de exercício da identificação entre causas e efeitos. É essa capacidade de identificação que irá interferir na tomada de decisão em ambientes sociais do aluno quando ele fizer as suas relações com o meio.

O objetivo aqui foi mapear modos explicativos que tomam como objeto fenômenos sociais, para que, a partir destes, possamos nos orientar no que pode ser explorado em termos de aprendizado de interações sociais.

Percebe-se, por exemplo, que as questões de interação social vão além da preocupação de determinação de comportamentos de cooperação, colaboração e competição. Que a noção de social depende da memória histórica do todo social e da memória individual de cada sujeito interagente. Que a noção de social se constrói pela interação, e que nessa interação, são consideradas tomadas de decisões que são diferentes de decisões no domínio individual, pois as decisões do indivíduo afetam a coletividade.

O estudo também serviu para mostrar que existe uma diferença entre a noção de social e a de fato social estudado em sociologia. E que, a sociologia traz consigo elementos como a alienação, a coerção e a instituição. Esses elementos devem servir em simulações sociais complexas como indicadores de que a simulação é condizente com a realidade social abstraída. Portanto, essa retomada deverá servir para o alinhamento de conceitos sobre a noção de social e sobre a noção de que fatores estão envolvidos quando se aborda esse conceito.

4.4. Aprendendo a Partir de Interações Sociais

A utilização de Sociedades Artificiais pode contribuir na aprendizagem de noções de interação social, visando, principalmente, a tomada de decisão em ambientes sociais. Compreende-se que a tomada de decisão em ambientes sociais é diferente daquela abordada pela teoria das decisões⁴⁶. Essa compreensão é corroborada por teorias tais como: a teoria da escolha pública⁴⁷, teoria de jogos⁴⁸ e a teoria da escolha social⁴⁹.

A diferença entre a tomada de decisão e a tomada de decisão social esta no número de relações envolvidas nas interações sociais. Sistemas sociais são considerados sistemas complexos. Segundo Antônio Maximiano (2004), o pensamento sistêmico, oriundo da teoria de sistemas⁵⁰, é utilizado como ferramenta conceitual para o tratamento da complexidade. Portanto, para que o aluno seja capaz de desenvolver noções de interação social é necessário que este desenvolva uma visão sistêmica da realidade. O desenvolvimento da visão sistêmica, por parte do aluno, o auxiliará em processos de tomada de decisão social.

A expectativa é a de que as Sociedades Artificiais possam se constituir em uma ferramenta de intervenção que promova o aprendizado de realidade de modo sistêmico e complexo. Esse aprendizado envolve o exercício do pensamento estratégico na organização de procedimentos. Também envolve a elaboração de valores válidos para determinado domínio da sociedade.

A menção anterior permite uma interpretação ampla do que pode ser aprendido pelo uso de Sociedades Artificiais mas não deixa claro como elas podem trazer contribuições para a informática na educação. Portanto, vamos descrever algumas situações que podem ser esclarecedoras e que irão nos ajudar a entender o que pode ser explorado a partir do uso dessa concepção.

Vamos começar pelo exemplo da epidemia, já citado na sessão 3.6, Aplicativos que podem ser Utilizados na Elaboração de Sociedades Artificiais, página 49. Como já foi visto, esse é um exemplo que já vem implementado tanto no SIMULA quanto no Netlogo.

A interação com um ambiente de simulação de epidemia pode ser utilizada para explorar os fatores de interação responsáveis por disparar uma situação de epidemia. O aluno pode ser motivado a interferir no sistema de forma a identificar as causas prováveis que provocam uma epidemia. Tal exploração pode levar a descoberta tal como a de que a epidemia é um efeito colateral de interações simples entre agentes em um ambiente. Pode também descobrir-se que não existe um modelo matemático por trás dessa simulação, mas que, mesmo assim é possível identificar e simular essa situação a partir de interações simples.

Esse é um exemplo de utilização de tecnologia de informática que traz ganhos de informatização⁵¹. Se não fosse a simulação, as duas únicas maneiras de se aprender sobre isso seriam a partir de narrativas de fatos históricos, ou da vivência direta. Mesmo assim, essas

⁴⁶ Ver sessão 4.3.3.1, Teoria das decisões, página 89.

⁴⁷ Ver sessão 4.3.3.4, Teoria da Escolha Pública, página 91.

⁴⁸ Ver sessão 4.3.3.2, Teoria dos jogos, página 91.

⁴⁹ Ver sessão 4.3.3.5, Teoria da Escolha Social, página 91.

⁵⁰ Ver sessão 5.1.1, Teoria dos Sistemas, página 102.

duas possibilidades promovem a interação passiva do aluno. Ele ouve, vê sobre uma epidemia, ou, até mesmo vivência uma situação de epidemia, mas mesmo assim sua participação é a de espectador, ou seja, é um observador passivo. Ele não pode interferir, senão por um exercício de abstração, produzindo hipóteses sobre quais fatores estão por trás dessa natureza. Em uma simulação de Sociedades Artificiais ele poderia modificar as regras de interação entre os agentes e a partir da experiência direta, pró-ativa, determinar que fatores são relevantes para a promoção de um estado de epidemia. Seu aprendizado não seria sobre uma simulação de epidemia, mas sim sobre como identificar interações sociais que podem promover epidemias. É o aprender do modo de aprender sobre epidemias. Mesmo porque, segundo a teoria de Maturana, por possuírem estruturas distintas uma epidemia e uma simulação de epidemia, o acoplamento entre o aluno e uma dessas estruturas promoveria adaptações, e portanto, aprendizado distintos. Essa é a primeira referência sobre determinismo estrutural que irá justificar na fase de modelagem o modelo de Sociedades Artificiais proposto.

Outro exemplo, também encontrado no SIMULA, é o exemplo dos Robôs Mineradores. Trata-se de um exercício de elaboração de uma estratégia de coleta de minério por parte de agentes robôs. Os robôs são colocados em um ambiente e têm como missão procurar o minério que, ao ser encontrado, deve ser transportado até a base. No exemplo do SIMULA a própria implementação desse cenário já é um desafio de aprendizagem estratégica. Mas, depois de implementado o cenário inicial, os alunos são motivados a encontrar estratégias que otimizem a coleta de minério. Para demonstrar uma solução viável, junto com o modelo de robôs mineradores vêm uma segunda simulação já otimizada. Nessa simulação, quando os robôs retornam para a base depois de terem encontrado minério, deixam uma sinalização que pode ser seguida por outros robôs em direção ao minério que falta ser transportado. Essa é uma solução de otimização do ambiente, porém, por se tratar de um sistema dinâmico, o aluno pode ser incentivado a realizar várias medidas de simulações com estados iniciais diferentes de forma a concluir estatisticamente qual o grau de eficiência da solução encontrada.

Nesse caso, ao contrário do caso de epidemia, até seria possível simular a situação fora de um ambiente multiagente, ou seja, seria possível criar a simulação através de um ambiente composto por robôs reais. O único fato inibidor seria a viabilidade econômica, pois, uma simulação com robôs ainda é mais cara que uma simulação por agentes. Uma solução viável utilizada em educação é o *Robotic Invention System* da Lego⁵², uma suíte de construção de robôs que utiliza peças lego associadas a servo-comandos que podem ser programados por uma interface ligada ao computador.

A simulação por robôs também é um caso de utilização de informática, só que implementada em uma máquina mais complexa que um simples computador pessoal. Aliás, a única complexidade extra que o robô tem além de seu computador interno é a sua estrutura eletromecânica. Portanto, uma situação de simulação de robôs também pode ser considerada uma aplicação de Sociedades Artificiais se promoverem uma simulação de interação social.

Assim como esses dois exemplos outros tantos acompanham os sistemas multiagentes. Alguns podem ser utilizados para descrever condições de simulação social, outros descrevem apenas situações de uso de tecnologia de agentes para a solução de problemas de ordem geral.

⁵¹ Ver sessão 3.2.2, Ganhos de Informatização, página 30.

⁵² <http://mindstorms.lego.com/eng/products/ris/index.asp>

Mas não esperamos que as Sociedades Artificiais sejam capazes de justificar somente aqueles exemplos encontrados em sistemas multiagentes. Esperamos que elas sejam úteis em questões de aprendizado que ainda não exploramos. Questões, que embora simples, necessitem de compreensões distintas da realidade, onde, a própria atividade do observador interfere nos resultados por este também estar inserido no ambiente social.

A situação mais clara em um ambiente social é a dificuldade de identificação entre causas e efeitos, ou melhor, das relações entre as entidades de um sistema. Por ser uma condição do observador, o aluno sente dificuldade em identificar as entidades que são inerentes ao fato observado e mesmo depois de identificá-las sente dificuldade de elaborar as relações que existem entre elas. Isso pode ser constatado pelo exercício de construção mapas conceituais. Se, depois de ter sido exposto um determinado conhecimento a um grupo de alunos, colocarmos uma listagem dos conceitos abordados e solicitarmos que eles criem as relações entre esses conceitos, a partir do que foi apresentado, veremos que os alunos sentirão dificuldade de elaborar as relações, apesar de saber que os conceitos estão interligados, não sabem como interligá-los.

Um exemplo de situação de aprendizagem onde a posição de observação intervém no resultado é a noção de superpopulação. A noção de superpopulação, está ligada a noção de espaço ocupado pela população de uma determinada região. Se questionarmos sobre a atual condição da população humana veremos a preocupação com a questão da superpopulação. Segundo o documento *Estado do meio ambiente e retrospectivas políticas: 1972-2002*⁵³ (p. 33), encontrado no site do IBAMA a população mundial em meados do ano 2001 era de 6,1 bilhões de pessoas, com crescimento anual na época de 77 milhões ao ano, *apud* UNFPA (2001). Se o crescimento da população manteve as mesmas taxas de 2001, atualmente a população da terra é de aproximadamente 6,5 bilhões de pessoas. Consideramos esse um valor muito grande. Se ficássemos apenas um segundo diante de cada uma das pessoas, levaríamos aproximadamente 205,6 anos para passar por todos, o que é uma unidade de tempo significativa em relação ao tempo de vida média do ser humano. Porém, e em termos de espaço ocupado por essa população, quanto espaço o ser humano ocupa na face da terra? Se considerarmos que o corpo de uma pessoa ocupa um espaço quadrado de um metro por um metro, ou seja, 1 m², para calcular a área total ocupada pelo ser corpos humanos bastaria extrair a raiz quadrada de 6,5 bilhões, que dá aproximadamente 80.530 m, arredondando em convertendo para quilômetros isso representaria um quadro de 80,5 km de lado. Ou seja, se essa fosse a disposição de toda a população, com um carro a 80 km/h levaríamos apenas 4,1 horas para contornar toda a população mundial. No mapa mundial da Ilustração 4.6 toda a população ocuparia menos que um pixel, ou seja, o tamanho de um ponto final.

⁵³ http://www2.ibama.gov.br/~geobr/geo3-port/geo3port/cap2_%20socioeconomico.pdf

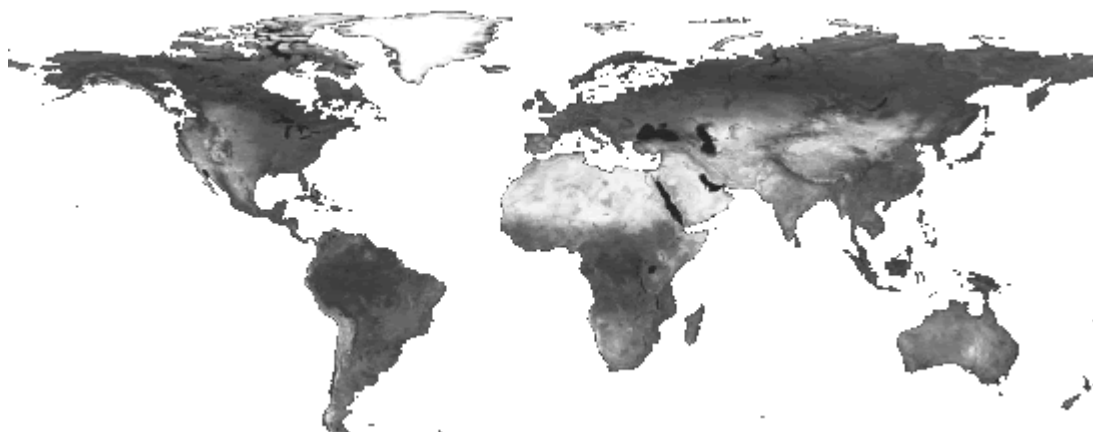


Ilustração 4.6: Mapa Mundi

O objetivo desse exemplo é mostrar a nossa dificuldade de percepção de dimensões temporal e espacial. O mesmo objeto interagindo dentro de duas dimensões diferentes possui efeitos distintos. Na dimensão temporal a população parece enorme, na espacial parece irrisória, podendo-se vir a questionar se realmente é superpopulação.

Em termos de Sociedades Artificiais, esse exemplo é a introdução da noção de que o conceito de superpopulação está mais ligado a uma questão de organização do que propriamente de espaço. Pode-se então questionar ao grupo: se não é a questão de espaço que caracteriza a superpopulação quais são as variáveis que estão envolvidas nessa modelagem? Pode-se, a partir disso, sugerir que solucionar o problema de superpopulação não consiste em restringir espaços, consiste sim, na organização dos recursos. Pode-se ensinar todos esses conceitos através de diálogo e reflexão com alunos, porém, não temos como fazer com que eles interajam simulando situações, mesmo estando inseridos nela enquanto integrante de uma população.

Porém, um jogo como o SimCity 3000⁵⁴, Ilustração 4.7, pode ser utilizado para criar a noção de organização de espaço e de recursos em um espaço finito. Trata-se de um jogo, no qual o objetivo do jogador é construir e gerenciar uma cidade. Como é um sistema baseado em agentes, a interação do sistema é pró-ativa, ou seja, os agentes reagem as intervenções do jogador. Isso quer dizer que, além de permitir a estruturação do espaço o jogo também permite a interação dinâmica e involuntária do sistema. Por tratar-se de um jogo, a atividade de aprendizado que pode ser explorada é o aprendizado lúdico. Mas o jogo é um exemplo de aplicação de tecnologias de agentes que pode ser utilizada na construção de um ambiente baseado em Sociedades Artificiais cujo objetivo não seja apenas um jogo, mas o de aprendizado de relações complexas e dos efeitos de determinadas decisões resultantes de interações sociais.

⁵⁴ <http://www.sc3000.com/>



Ilustração 4.7: Visão de uma simulação do SimCity 3000

O exemplo da superpopulação é um exemplo que explora a compreensão de realidade do aluno e depois a reformula a partir do que foi aprendido, no caso, o uso de padrões de medidas de espaço e tempo. Quando associado ao uso da tecnologia pode ser explorado o pensamento estratégico como no caso do SimCity.

O estudo de população pode ser apresentado ao aluno como um desafio de comprovar ou contestar a teoria Malthusiana da População⁵⁵ através interação com o ambiente de simulação. O aluno poderia tentar descobrir quais as interações sociais necessárias para que a teoria se comprovasse e a partir dessa configuração descobrir se essa teoria é válida para os dias atuais ou se foi válida somente na época em que foi elaborada. Para poder simular uma condição de população, o aluno terá que lidar com interações sociais que envolvem natalidade e mortalidade. Provavelmente, constatará que existe uma relação entre a taxa de crescimento da população e as taxas de natalidade e mortalidade. Poderá inferir que ao mudar a estimativa de vida dos agentes ele acaba interferindo no volume populacional. A partir desse exercício podemos também explorar conceitos de pirâmides populacionais, observando que fatores de interação entre os agentes interferem na formação das pirâmides populacionais. Qual a forma da pirâmide populacional de uma sociedade cujas famílias tem em média 4 filhos? O que aconteceria com essa pirâmide se, por controle externo, tais como política pública de controle de natalidade, a média de filhos baixasse para uma criança por família? Essas e outras tantas perguntas e experiências podem ser realizadas em um ambiente de simulação de Sociedades Artificiais. O aluno não aprenderá somente as categorias das pirâmides ou sobre o comportamento de crescimento de uma população simulada, mas aprenderá sobre crescimento de populações, podendo no futuro adaptar sua adaptação a sua condição social. Perceberá também que as decisões tomadas interferem no social.

O mesmo princípio poderia ser aplicado para a construção de um ambiente social que simulasse relações econômicas de consumo. O aluno poderia intervir na quantidade de moeda disponível, forçar a distribuição equânime de bens entre a população, aumentar taxas de juros sobre dívidas, e a partir de suas decisões de intervenção identificar os resultados na sociedade.

⁵⁵ Ver sessão 4.3.3.6, página 91.

Deveria para isso determinar também qual o comportamento das interações entre os agentes que poderiam promover ou inibir determinada ação, e equalizar a partir das características de interações entre os agentes que resultado seria provável dadas condições de intervenção. Novamente o aluno não estaria aprendendo sobre um modelo econômico, mas sim sobre economia pela interação pró-ativa com o sistema.

À medida que esses modelos fossem evoluindo poderíamos até mesmo configurar condições de comportamento social dos agentes dos quais emergissem situações de alienação e coerção⁵⁶, a partir dos quais poderia-se fazer uso de instituições e ideologias⁵⁷ para estudar o comportamento de interações sociais e as interferências de tomadas de decisão nesses ambientes.

Esses são exemplos cujo objetivo era o de instigar situações que pudessem ser exploradas como intervenção de aprendizagem através da utilização de tecnologias de Sociedades Artificiais. São exercícios de imaginação que visam vislumbrar o que pode ser explorado em termos de aprendizagem quando da utilização dessa tecnologia.

Por trás de todos esses exemplos está o aprendizado de noção de interação social enquanto fator que determina o estado social complexo. Nestas interações apoiadas por tecnologia o aluno exercitar a tomada de decisão em ambientes sociais, bem como aprimorar o pensamento estratégico em ambientes complexos. Poderá perceber que a decisão por uma intervenção em um ambiente social gera um epifenômeno que exigirá novas intervenções recorrentes, e modificarão a dinâmica de acoplamento entre meio e organismo. O aprendizado desse aprender poderá ser útil para alunos de engenharias, de ciências políticas, de ciências sociais, de ciências humanas e de ciências comportamentais.

4.5. Mecanismo de Interação Capaz de Produzir Aprendizagens Utilizando Sociedades Artificiais

O estudo de campo, apesar de suas limitações, possibilitou observar a necessidade da descrição de um mecanismo estruturante da interação com ferramentas que visem a aprendizagem conceitual. O objetivo aqui é discutir como podemos promover intervenções de aprendizagem no processo de utilização de Sociedades Artificiais em informática educativa. As observações aqui apresentadas são resultado da retomada teórica e da pesquisa de campo apresentada na sessão anterior.

A partir da amostragem percebeu-se que uma simulação restrita pode não produzir efeitos em termos de uma aprendizagem significativa. Para que haja aprendizagem significativa o aluno deve produzir uma imersão ativa no sistema, sendo capaz de explorar, testar e refletir sobre as hipóteses conceituais postas em jogo naquela interação. Ou seja, aluno e ferramenta ao acoplarem-se passam a produzir ações de coordenação de coordenações consensuais de ação sobre o domínio do acoplamento.

Além de explorar e testar as hipóteses sobre o conteúdo, o acoplamento produz uma operatividade no sistema fazendo com que o aluno possa passar a produzir coordenações de ações que dêem sentido aos efeitos produzidos na simulação. Ou seja, ele se torna capaz de construir observáveis de sua ação em correspondência com os efeitos na sociedade. Deve-se

⁵⁶ Ver sessão 4.3.1, página 84.

⁵⁷ Ver sessão 4.3.2, página 86.

construir a noção das capacidades do sistema de simulação baseadas em agentes para que esse se torne crível. E esse somente torna-se crível quando o aluno coordena ações e efeitos em linhas de causalidade complexas.

A operatividade com o sistema pode ser dificultada pelo fato de os alunos atribuírem ao computador um modo de linguajar similar à fantasia. Assim como acontece nos filmes e desenhos animados, o usuário acredita que tudo o que está sendo visto é um discurso controlado pela vontade de seu criador. Ele não considera que seja um comportamento emergente da natureza computacional, considera que se trata apenas de respostas automáticas produzidas por uma máquina e que, talvez por essa razão, tenha dificuldade de aceitar como verossímil a simulação social.

A analogia para filmes seria o conceito de ficção. Em uma narrativa, para que o interlocutor aceite o narrado como um fato como real e não como ficção, é necessário antes de iniciar a narrativa, assinar o conteúdo como sendo baseado em fatos reais. Mas a ficção também é capaz de ser considerada verossímil desde que nos emocione e nos permita raciocinar a partir das situações narradas.

Quando o acoplamento se efetiva, existe uma modulação mútua entre os sistemas que para um observador pode ser descrito como um processo adaptativo. Nesse momento, o qual seja, de mudanças de estado resultantes da recíproca adaptação é que se pode falar de aprendizagem. Um observador pode diferenciar vários tipos de aprendizagem passíveis de exploração e de mudanças estruturais na interação com Sociedades Artificiais, por exemplo: a aprendizagem de conceitos, aprendizagem de procedimentos e a aprendizagem de valores.

Os conceitos já foram referidos anteriormente, os procedimentos são na realidade a aprendizagem de organização, ou, de como podemos intervir em unidades de forma a delimitar novas estruturas em função do determinismo estrutural esperado. É um exercício espaço-temporal. Nos ambientes de simulação social, esse tipo de aprendizagem se dá se os ambientes permitirem a interação pró-ativa do usuário, ou seja, o usuário deve poder interferir nos acoplamentos de simulação para, a partir daí poder construir sua percepção de como essas estruturas poderão interagir deterministicamente.

O aprendizado de valores envolve a coordenação de coordenações consensuais. É necessário que se compreenda os valores como aqueles conceitos que são consensuais entre as estruturas acopladas. Também é necessário perceber que a consensualidade se dá dentro de domínios. E a menos que seja possível haver coordenação entre as coordenações consensuais não é possível a construção da noção de valores.

O fato de se tratar de coordenações consensuais e de acoplamentos, e por se saber que não existe transferência de informações no processo de aprendizagem, podemos concluir que o aprendizado se dá pela observação e interação, sendo que observação aqui significa o exercício da função observador: o desejo de explicar a experiência vivida em um determinado domínio. Lembrando também que, devido a essa condição, o observador interfere na observação, e por estar inserido no mesmo ambiente acaba por sofrer as próprias interferências do ato de observação de forma recorrente. É a construção dessa percepção de dinâmica que irá produzir aprendizagem significativa nos processos de tomada de decisão em ambientes sociais.

Podemos descrever o mecanismo com as seguintes operações que não são necessariamente sequenciais, mas simultâneas:

- a) Coordenar coordenações consensuais de ações.
- b) Especificação de domínios com critérios específicos de validação das explicações.
- c) Acoplamento estrutural que se torna observável pela imersão.
- d) Atualização de interações recorrentes produtora de recursões que implicam em criação e diferenciação
- e) Identificação das perturbações ocorridas.

O resultado do operar do mecanismo anterior proporcionaria:

- a) Fazer compreender o que são Sociedades Artificiais.
- b) Construir a credibilidade sobre essa tecnologia através da demonstração de que não são ambientes deterministas e que, portanto, não orientam um desejo do programador.
- c) Definir o escopo de problema a ser modelado e focar seu estudo sobre as interações entre os agentes.
- d) Permitir que o aluno interaja de forma pró-ativa com o sistema, permitindo que ele promova interferências nas estruturas de interação entre os agentes e as sofra também.
- e) Fazer com que o aluno realize várias amostragens e descubra a partir dos resultados obtidos quais interferências em interações produziram alteração do comportamento social.
- f) Incentivar o aluno a definir quais interações são relevantes no comportamento observado.
- g) Incentivar o aluno demonstrar se essas interações podem ser constatadas no mundo real.
- h) Avaliar a partir da percepção do próprio aluno que mudanças, de percepção do social e dos processos de tomada de decisão, a interação com o sistema promoveu.

As principais características a serem exploradas nesse tipo de metodologia de aprendizagem apoiada por Sociedades Artificiais são a interação pró-ativa do aluno e o fato de estar interagindo com um sistema não-determinista.

A interação pró-ativa é a responsável pelo acoplamento entre aluno e sociedade artificial, no domínio da ação. O não-determinismo do sistema cria a oportunidade de interação não intencional. Apesar de ser dirigido e focado, o comportamento do sistema pode ser surpreendente até mesmo para o professor. Com essas interações o aluno irá aprender a lidar com sistemas dinâmicos. A sua interferência é uma contínua tomada de decisão que altera o sistema de forma recorrente. A interação não acontece de forma passiva como em uma animação ou filme. É uma interação pró-ativa, assim como sua condição de acoplamento social.

5. DISCUSSÃO DA TECNOLOGIA DE SOCIEDADES ARTIFICIAIS

As Sociedades Artificiais ainda são uma concepção de tecnologia. Não existe nenhum projeto elaborado a partir dessa concepção. O que encontramos, tanto no mercado quanto nas academia, são sistemas genéricos, baseados em tecnologia de agentes, que permitem a construção parcial de um ambiente de Sociedades Artificiais, desde que sejam utilizados segundo os pressupostos que fundamentam a tecnologia.

Por serem sistemas genéricos, podem possuir excesso de recursos, deixando sua utilização complexa, ou, podem possuir recursos escassos, promovendo assim, a elaboração de sistemas deficientes, ou, até mesmo, tornando impossível sua utilização.

Na condição atual de tecnologia, a construção de uma Sociedade Artificial, pode necessitar do uso de várias tecnologias simultaneamente. Precisaríamos de uma ferramenta de produção de interface, de construção de personagens, também precisaríamos aplicar tecnologias de IA, princípios de sistemas multiagentes, além disso precisaríamos de uma plataforma, de sistemas de comunicação e redes. Apesar de todas essas serem tecnologias disponíveis e já desenvolvidas pela computação, ainda assim seria necessário integra-las segundo um modelo de Sociedades Artificiais. Porém, a pergunta é: que modelo é esse? Existe um modelo de comportamento social? Isso quer dizer que não bastaria apenas a tecnologia, ainda seria necessário saber como resolver o problema. Só não é necessário solucionar o problema se ele já tiver sido resolvido e implementado, nesse caso basta sua aplicação.

Dada essa característica da modelagem computacional nos deparamos com diversos problemas, primeiro, a aplicação e integração de tecnologias não é trivial. Segundo, a modelagem computacional depende de modelos axiomáticos ou de modelos epistemológicos, isso significa dizer que só poderíamos implementar um modelo social se houver um modelo matemático que represente essa realidade, ou senão, um modelo epistemológico. Terceiro, os modelos matemáticos utilizados em computação são modelos de otimização, sendo assim, qualquer modelo de comportamento social será capaz de simular o social, mas isso não garante que sua simulação produzirá aprendizado ou será significativa para o aluno no contexto de conduta em ambiente social.

A partir dessas constatações conclui-se que é necessário elaborar um modelo de Sociedades Artificiais que possa ser aplicado em processos de aprendizagem. Esse modelo deve:

- a) contemplar somente os componentes necessários para simulação de interação social;
- b) integrar as tecnologias necessárias para promover o aprendizado;
- c) deve tornar implícito os fatores de comportamento social;
- d) realizar comportamento social sem depender de um modelo matemático previamente estipulado.

Em relação a educação o modelo deve:

- a) permitir a elaboração de simulações não deterministas;
- b) permitir a interação pró-ativa do aluno;
- c) permitir que os cenários de interações sociais sejam elaborados a partir das configurações de comportamento de interações, sem a necessidade de conhecimentos avançados de programação.

Esse é o escopo do modelo de Sociedade Artificial que pode ser utilizado em informática educativa, porém, para poder compreender quais questões estão ligadas diretamente ao problema dessa modelagem, será realizada uma retomada:

- a) de conceitos de modelagem computacional, para compreender quais restrições temos em termos de modelos,
- b) da teoria de sistemas na qual se fundamenta a modelagem computacional,
- c) de IA por ser um tipo específico de modelagem computacional,
- d) de agentes e de sistemas multiagentes por serem um caso de utilização de tecnologias de IA, e por serem a base tecnológica utilizada em Sociedades Artificiais,
- e) de ambientes informatizados de aprendizagem, para compreender o que deve ser levado em consideração quando da elaboração desse tipo de ambiente

Essa retomada nos dará subsídios para discutir e ligar os conceitos das revisões das sessões de Teorias de Conhecimento e Teorias de Aprendizagem ao processo de modelagem computacional de Sociedades Artificiais.

5.1. Retomada de Conceitos de Tecnologia de Informática

A definição dos conceitos aqui revisados surgiu da seguinte linha de raciocínio: o aprendizado de noções de interações sociais pode ser promovido em ambientes informatizados de aprendizagem baseados em Sociedades Artificiais, que são uma aplicação de sistemas multiagentes, que usam agentes, que são uma tecnologia de IA, que é uma área da computação, que realiza modelagem computacional, que é uma ação de modelagem, que se vale do pensamento sistêmico para tratar a complexidade, que é baseado na teoria de sistemas.

Conceitos como aprendizagem já foram revistos na sessão 4, Retomando Conceitos de Aprendizagem, página 57. Para fins de modelagem, a compreensão da natureza de noções de social foi promovida pela retomada apresentada na sessão 4.3, O domínio sociológico como um domínio de conhecimento, página 84. Os demais conceitos, referentes a tecnologia de informática serão revistos nessa sessão.

5.1.1. Teoria dos Sistemas

A teoria dos sistemas, elaborada por Ludwig von Bertalanfy, *apud* Chiavenato (1978, p.471), tinha por objetivo produzir teorias e formulações conceituais que pudessem ser aplicadas na realidade empírica. Para Bertalanfy, a teoria dos sistemas poderia ser uma maneira mais abrangente de estudar os campos não-físicos do conhecimento científico, especialmente as ciências sociais (*ibid*, p.472).

Um sistema é um conjunto de unidades relacionadas. A relação pode ser uma interação ou interdependência. Qualquer conjunto de partes unidas entre si pode ser considerado um

sistema, desde que as relações entre as partes e o comportamento do todo seja o foco de atenção (*ibid*, p.475).

Os sistemas possuem algumas propriedades inerentes, são elas:

- a) totalidade, cada componente exerce influência sobre os demais e todos estão unidos;
- b) entropia, tendência que os sistemas tem para a desintegração;
- c) homeostase, é o equilíbrio dinâmico entre as partes do sistema (*ibid*, p.478);
- d) negentropia ou entropia negativa, capacidade de importar energia necessária do seu ecossistema social para compensar a entropia;
- e) simbiose interna ou externa, a propriedade de compartilhar funções e de ser componente participante e indispensável na constituição do sistema;
- f) sinergia, ou efeito multiplicador, que permite ao sistema alcançar desempenho superior ao a soma dos desempenhos de cada parte isolada (GOLDBARG, 2000, p.5).

Essas propriedades são os princípios que regem e que fundamentam a teoria de sistemas. O conceito é simples, o seu diferencial são justamente seus princípios.

A teoria dos sistemas cria o conceito de abordagem sistêmica. A abordagem sistêmica consiste em aplicar os conceitos da teoria de sistemas na solução de um problema, ou na interpretação de uma realidade com uma finalidade específica. Segundo Maximiano (2004, p.356) o conceito de sistema gera um todo complexo. A complexidade indica o grande número de problemas e variáveis envolvidas em uma situação. Nesse caso, a abordagem sistêmica é a ferramenta utilizada para lidar com a complexidade.

5.1.2. Modelagem Computacional

Segundo Goldbarg (2000), um modelo é uma abstração da realidade, ou seja, uma representação, resultado de nossa percepção, memória, conhecimento e linguagem. Goldbarg considera modelos como representações simplificadas da realidade que preservam, para determinadas situações e enfoques, uma equivalência adequada (*ibid*, p.2), podendo ser vistos como uma visão substitutiva da realidade. Estas estruturas de substituição facilitam o raciocínio.

O conceito de modelo é mais simples que o ato de modelar que compreende o ato de simular a realidade através de modelos, ou seja, o ato de criar modelos, ou modelagem propriamente dita.

A modelagem só é útil quando criamos modelos eficientes. Para Goldbarg a eficiência dos modelos depende pelo menos de três habilidades, são elas:

- a) o foco holístico, que denota a preocupação com a concatenação e o manejo dos vários impactos de nossa solução sobre outros contextos;
- b) o tratamento eclético da dimensão de análise, devendo ser considerados vários métodos que juntos podem ser complementares na busca da solução;
- c) a tradução adequada, deve-se obter um correto isomorfismo entre fenômeno e modelo (*ibid*, p.3).

O foco holístico traz implícito o conceito de sistemas, isso quer dizer que, toda solução baseada em modelagem gera sistemas, e que, portanto, todos os modelos estão sujeitos às

propriedades de sistemas, já descritas na sessão 5.1.1, Teoria dos Sistemas, página 102. É o observador que delimita os limites que devem ser considerados na solução.

O tratamento eclético da dimensão de análise afirma que métodos epistemológicos e axiológicos devem ser considerados complementares e não concorrentes.

A tradução adequada depende do grau de complexidade do sistema a ser modelado. Modelos simples e menos complexos são facilmente modelados através de métodos empíricos, já modelos complexos necessitam de técnicas hipotético-dedutivas. Não existe uma relação direta entre complexidade da realidade e complexidade do modelo, isso quer dizer que existe a possibilidade de que realidades complexas sejam modeladas com modelos simples.

A complexidade de modelos pode ser entendida em termos da análise de três dimensões:

- o meio ambiente, denota o grau de interferência que um modelo sofre em relação ao seu meio, dado o grau de interferência pode se tornar um problema intratável;
- o domínio, considera a variedade, em termos de homogeneidade e heterogeneidade, e a quantidade de variáveis envolvidas;
- a dinâmica, segundo a qual, um modelo pode ser: determinístico, aqueles que nos permitem saber o resultado antes mesmo de sua realização; estocásticos, aqueles que dependem de um análise probabilística para se ter uma idéia aproximada do resultado; e indeterminados, aqueles cuja dinâmica cria resultados imprevisíveis (*ibid*, p.4-7).

Essas três dimensões podem ser colocadas em um sistema de eixos cartesianos, a partir do qual, é possível criar um plano dos modelos simples e de modelos complexos através da ligação dos pontos de intersecção de cada dimensão.

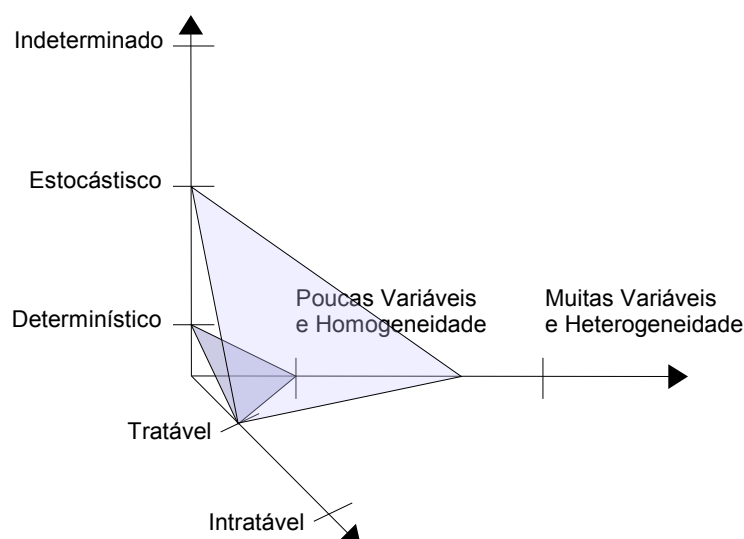


Ilustração 5.1: Dimensões de complexidade de modelos

A Ilustração 5.1⁵⁸ mostra os eixos com seus respectivos pontos. O primeiro plano, figura geométrica que liga os pontos tratável, determinístico e poucas variáveis, identifica os modelos simples. O segundo plano se modifica à medida que se afasta da origem dos eixos da

⁵⁸ Reprodução da ilustração apresentada em (GOLDBARG, 2000, p.7)

dinâmica e do domínio, identificando assim o aumento da complexidade do modelo. Em princípio só é possível criar modelos tratáveis, por isso, o eixo do meio ambiente permanece invariável. A idéia é pensar em um modelo, antes da modelagem propriamente dita, e identificar a quantidade de variáveis e o grau de variação de tipos, é identificar que tipos de soluções serão necessárias e se as soluções geram valores discretos ou prováveis, situar as identificações no gráfico e, a partir daí, ter uma idéia do grau de complexidade envolvido na modelagem do sistema.

Modelos são utilizados em todas as áreas, principalmente nas áreas das ciências exatas. São uma espécie de concretização do pensamento, uma estrutura capaz de descrever a natureza do fenômeno observado. A elaboração de um modelo depende de uma linguagem, ela pode ser uma linguagem natural ou uma linguagem formal, como por exemplo, a matemática. Quando criamos modelos matemáticos estamos utilizando uma abordagem axiomática de resolução de problemas. O objetivo é criar um modelo matemático, composto por equações matemáticas, que representa uma realidade. Esses modelos são capazes de gerar resultados semelhantes aos da realidade abstraída. Quando o resultado é exato o modelo é determinístico, quando os resultados são aproximados é probabilístico. De certo modo, isso significa um grau de previsibilidade que pode ser utilizado para fins informativos ou para fins, principalmente, de tomada de decisão. Modelos matemáticos são utilizados largamente quando precisamos realizar simulações que nos auxiliem na tomada de decisão. Porém, pelo fato de serem simplificações da realidade, é possível que uma realidade seja modelada de diferentes formas, ou seja, é possível que um mesmo problema possa ser resolvido por modelos diferentes. A consequência restritiva dessa constatação é a de que um modelo não significa a realidade, portanto, sempre será um resultado provável, isso não quer dizer que, em uma determinada dimensão, ele não seja exato.

Se consideramos a lógica de limites da área matemática conhecida como cálculo, podemos postular o seguinte: *"O limite da modelagem de uma realidade é a própria realidade"*. Isso significa afirmar que o máximo que somos capazes de abstrair de uma realidade é a própria realidade.

Se considerarmos que o processo de abstração consiste em identificar variáveis que possam ser relacionadas, traduzidas em símbolos e manipuladas; teríamos um modelo completo quanto conseguíssemos identificar todas as relações e variáveis envolvidas, porém, nesse ponto, estaríamos diante da própria realidade.

Haveria então um problema de identidade que seria resolvido pela premissa de que dois corpos não ocupam o mesmo lugar no espaço. Isso significa dizer que o mesmo corpo não pode estar em dois lugares, se "o mesmo corpo" estiver em dois lugares é porque ele não é o mesmo corpo.

A identidade então não depende somente das propriedades do objeto, mas depende também de seu lugar no espaço, e como não existe espaço sem tempo, depende de sua história e memória. Apesar de termos dois objetos idênticos eles não tem a mesma identidade.

Pelo princípio de parcimônia⁵⁹, não faria sentido criar modelos completos, pois esses exigiriam um grau de complexidade tal que os tornaria desnecessários, a menos que, deixassem de ser modelos e passassem a ser cópias.

⁵⁹ Também conhecido por navalha de Occam

De fato, o que diferencia uma cópia de um modelo é uma distinção puramente conceitual; em princípio, uma cópia ou réplica deveria ser um registro histórico do objeto. Se ele passa a ser um novo objeto ele é apenas um novo Ser que tem uma origem comum, e, portanto, possui uma nova identidade, distinguindo-o do objeto original. Uma cópia deveria representar o estado do objeto em um determinado momento.

O grande risco do processo de modelagem é a modelagem de efeitos e não das causas, como já constatava Maturana (1997a) em "De máquinas e seres vivos". Enquanto observadores somos capazes de perceber somente os efeitos de uma determinada natureza. As causas, se não podem ser observadas empiricamente, devem ser deduzidas através de um processo de engenharia reversa. A eficiência do modelo então estará ligada diretamente a capacidade do observador de traduzir adequadamente as causas dos efeitos observados.

Em termos computacionais, a grande vantagem da utilização de modelos matemáticos é a possibilidade de implementação destes em um computador. Isso quer dizer que é possível fazer-se a tradução de uma linguagem matemática para um linguagem computacional.

A única restrição está no conceito de computável. Independente das considerações históricas feitas por Penrose (1993, p.72) em "A nova mente do rei", consideramos como computável qualquer representação matemática, passível de resultado, através da realização de procedimentos específicos, dentro de um tempo finito.

O conceito de procedimentos computacionais envolvem o conceito de algoritmos. Isso significa dizer que, um modelo matemático é computável se formos capazes de traduzi-lo em termos de um algoritmo, que é executado em um computador e que retorna um resultado em tempo finito. Uma dízima periódica é um modelo matemático não computável, pois, não seria possível chegar a um resultado finito. Isso não quer dizer que não seja possível forçar o resultado dentro de tempo finito ou de certo número de passos. Se não fosse assim não seria possível a realização de alguns tipos de cálculos em computador.

Um modelo computacional é então um modelo axiomático ou epistemológico que pode ser convertido para uma linguagem algorítmica. A Ilustração 5.2 mostra um exemplo de modelos matemáticos. Ambos representam uma multiplicação, como especificado pela equação da esquerda. A equação da direita representa a mesma multiplicação, porém, foi escrita segundo a linguagem de Cálculo Integral e pode ser traduzida enquanto o somatório de a até b , com b iniciando em 1 .

$$a \times b \quad \Leftrightarrow \quad \sum_{i=1}^b a_i$$

Ilustração 5.2: Exemplos de modelos matemáticos

A Ilustração 5.3 mostra a multiplicação, apresentada pelos modelos matemáticos na Ilustração 5.2, só que agora em dois modelos computacionais distintos. O da esquerda é um fluxograma, um modelo que utiliza uma representação gráfica, esquemática e lógica de um algoritmo. O da direita é um modelo descritivo de algoritmo, também conhecido como linguagem de programação; neste caso a linguagem utilizada é o C++.

O algoritmo não precisa ser necessariamente expresso em termos de uma linguagem de computador. A sua representação lógica pode ser feita tanto através de um fluxograma quanto de uma descrição em linguagem natural que represente logicamente os passos que devem ser seguidos para a resolução do problema.

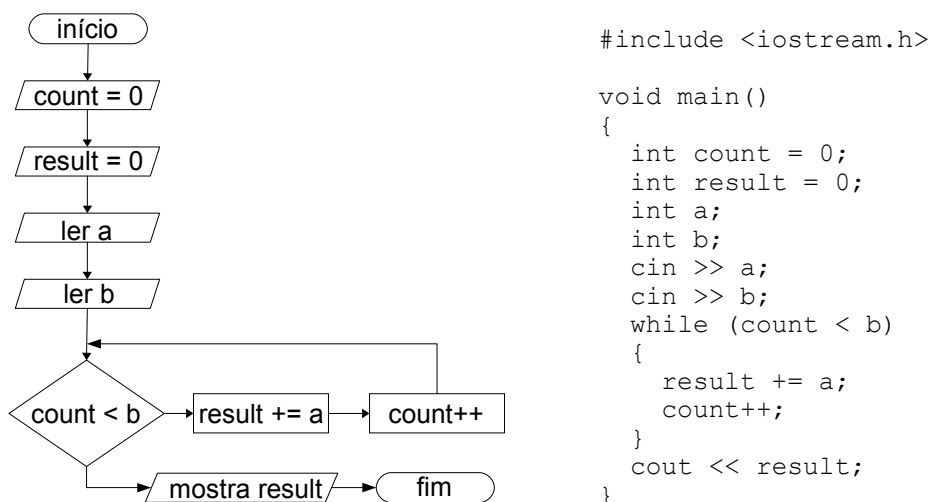


Ilustração 5.3: Exemplos de modelos computacionais lógico e descritivo

Esses exemplos são apenas ilustrativos e educacionais, isso porque, tanto o modelo lógico quanto o modelo descritivo possuem instruções capazes de realizar a multiplicação, que é uma instrução nativa nos computadores atuais. Mas para fins de esclarecimento, fica evidente a tradução do mesmo problema em linguagens distintas, ou em modelos diferentes.

O ato de modelagem apresenta dois hiatos, o hiato lógico e o hiato ferramental. O hiato lógico representa a diferença que pode surgir entre fenômeno traduzido e modelo lógico, isto é, por não ser evidente a lógica por trás da realidade modelada pode haver uma perda quando da construção do modelo lógico. O hiato ferramental representa a diferença entre o modelo lógico e o modelo computacional, ou seja, pode ser que as ferramentas disponíveis não possuam recursos para implementar a lógica modelada.

Por questões de avanço tecnológico, o hiato ferramental não é tão significativo. Já o hiato lógico não depende de ferramental, depende única e exclusivamente de quem realiza a modelagem. É nesse contexto que podem ocorrer as maiores perdas, é onde corremos o risco de modelar efeitos e não causas. O resultado do ato de modelagem em computação é o software, portanto, qualquer software é um modelo da realidade, ou seja, uma simplificação objetiva.

O problema de modelagem de comportamento social é um problema complexo se analisado sobre essas dimensões, porém, não intratável. A complexidade do modelo pode ser resolvida pela mudança de compreensão do problema, visto que, a complexidade está ligada mais a nossa dificuldade de tratar o problema do que propriamente à natureza modelada. A mudança que deve ser feita em modelagem social é não resolver o problema através de modelagem axiomática, ou melhor, deixar que a natureza computacional da informática produza os modelos axiomáticos do comportamento social a partir de modelos de interação simples. Assim como na biologia do conhecer, deve-se separar o problema em domínios. Nesse caso teríamos o domínio dos componentes do ambiente que utilizam princípios da

teoria da informação na construção dos componentes, e o domínio da simulação social no qual o comportamento é resultado das interações entre agentes.

5.1.3. Inteligência Artificial

A IA, é um dos ramos de pesquisa da Ciência da Computação. Segundo Stuart Russell em (2004 p.19), se diferencia de outros ramos de pesquisa computacional por abordar a idéia de reproduzir faculdades humanas como criatividade, auto-aperfeiçoamento e uso da linguagem; com isso, a IA é o único campo a tentar construir máquinas que funcionarão de forma autônoma em ambientes complexos e mutáveis. Ela tenta não apenas compreender mas também construir entidades inteligentes (*ibid*, p.3). Dessa forma, IA pode ser definida como o estudo de agentes que recebem percepções do ambiente e executam ações. O autor sugere que o termo "racionalidade computacional" seria mais adequado do que IA (*ibid*, p.19).

Atualmente a IA utiliza teorias existentes como base ao invés de propor teorias inteiramente novas. Para tanto, utiliza de forma complementar conhecimentos de aprendizagem em máquinas, teoria da informação, raciocínio incerto, modelagem estocástica, otimização combinatória, programação linear, teoria de controle, raciocínio automatizado, métodos formais, análise estatística, entre outros (*ibid*, p.26).

Em termos gerais, a IA deve ser compreendida em termos de processos de pensamento e raciocínio e comportamento, ou ação, decorrente desse processo. São duas as abordagens possíveis a partir desta compreensão: aquela centrada nos seres humanos, que se propõe a elaborar sistemas que pensam e atuam como seres humanos; e, aquela centrada no conceito ideal de inteligência, chamada de racionalidade, que envolve matemática e engenharia, e que, elabora sistemas que pensam e atuam racionalmente (*ibid*, p.4-5).

Para exercer comportamento semelhante ao humano, um computador deveria ser capaz de realizar: processamento de linguagem natural, representação de conhecimento, raciocínio automatizado, aprendizado de máquina, visão de computador, robótica. O teste de Turing é capaz de identificar a necessidade dessas capacidades. Mas, as pesquisas são pouco direcionadas à produção de um exemplar semelhante ao humano, ficando concentradas nos estudos básicos da inteligência (*ibid*, p.5).

Ainda é forte a crença de que, para expressar um programa de computador racional, basta ter uma teoria de funcionamento da mente suficientemente precisa (*ibid*, p.5). Porém, pelo princípio de modelagem computacional, tal afirmação só garante que um computador é capaz de reproduzir uma teoria, isso levando em conta sua computabilidade. Modelar uma teoria da mente não seria nada mais do que criar um modelo computacional de um modelo da realidade. Isso não provaria que tal modelo é verdadeiro ou não, provaria apenas que o modelo é computável.

Mas, independente dessa constatação, a IA, enquanto integrante das Ciências Cognitivas, procura elaborar modelos computacionais que são utilizados juntamente com técnicas experimentais da psicologia para tentar construir teorias, com rigor científico, sobre os processos de funcionamento da mente humana (*ibid*, p.5).

A busca do pensamento racional em IA pode utilizar a abordagem das "leis do pensamento", definidas pela lógica, ou se valer de uma abordagem baseada em agentes racionais. O problema da lógica é a dificuldade de formalização de problemas informais em termos da lógica formal. A abordagem do agente racional, pressupõe a utilização de um

programa de computador, chamado de agente por ser capaz de agir de forma autônoma em um ambiente, que seria capaz de alcançar o melhor resultado, ou pelo menos, o melhor resultado esperado, no caso de haver incerteza (*ibid*, p.7).

Por depender de uma teoria da mente, a IA se fundamenta em diversas áreas de conhecimento (*ibid*, p.7-19). Da filosofia, ela herda os pressupostos das teorias do conhecimento. Entre elas:

- a) a do materialismo, que sustenta que a mente é o resultado das operações do cérebro segundo as leis da física;
- b) o princípio da indução, segundo o qual, as regras gerais são adquiridas pela exposição e associação repetidas entre seus elementos;
- c) a doutrina do positivismo lógico, que sustenta que todo o conhecimento pode ser caracterizado por teorias lógicas conectadas;
- d) a teoria da confirmação, que tentava compreender como o conhecimento pode ser adquirido a partir da experiência;
- e) a noção de que a mente é a conexão entre conhecimento e ação.

Da matemática são herdados conceitos como:

- a) algoritmo;
- b) teorema da incompleteza, segundo o qual, não existe algoritmo capaz de estabelecer a verdade de uma linguagem expressiva para representar as propriedades de números naturais;
- c) intratabilidade, quando o tempo necessário para resolver as instâncias do problema crescem exponencialmente com o tamanho das instâncias;
- d) probabilidade, que permite lidar com medidas incertas e teorias incompletas.

Dos estudos da economia herda conceitos como:

- a) teoria da utilidade, como as pessoas fazem escolhas que levam a resultados preferenciais;
- b) teoria da decisão, que combina a teoria da probabilidade com a teoria da utilidade e trata de decisões tomadas sob incerteza;
- c) teoria dos jogos, que lida com processos de tomada de decisão que envolvem competição;
- d) pesquisa operacional, baseada em métodos de otimização;
- e) satisfação, onde a tomada de decisões é realizada em termos de escolhas "boas o suficiente" ao invés da decisão ótima.

Da neurociência herda a justificativa da mente enquanto resultado da operação de neurônios.

Da psicologia herda estudos de áreas distintas como:

- a) behaviorismo, que estudam medidas objetivas da percepção, ou estímulos, e suas ações resultantes, suas respostas;
- b) psicologia cognitiva, que considera o cérebro como um dispositivo de processamento de informações;
- c) ciência cognitiva, que considera que uma teoria cognitiva deve descrever um mecanismo detalhado de processamento de informações por meio do qual alguma função cognitiva poderia ser implementada, como em um programa de computador.

Da teoria de controle herdamos a noção de que o comportamento consciente é o resultado de um mecanismo regulador tentando minimizar a diferença entre o estado atual e o estado do objetivo; herdamos também a noção de maximização da função objetivo, objeto do ramo conhecido como controle estocástico ótimo, visando a construção de sistemas que se comportem de maneira ótima. Da lingüística herda os estudos relativos ao processamento de linguagem natural, também chamado de lingüística computacional.

Dadas as contribuições das diversas áreas de conhecimento que influenciaram a IA, ainda faltam algumas considerações ou citações sobre características peculiares da IA, desenvolvidas e apresentadas ao longo da evolução da ciência.

Uma delas é a utilização de sistemas de símbolos físicos. A utilização desses sistemas se faz necessária pelo pressuposto de que todo sistema inteligente opera manipulando estruturas de dados compostas por símbolos (*ibid*, p.20).

Outra, é a noção de evolução em máquina, atualmente chamada de algoritmos genéticos, segundo a qual, pequenas mutações em código de máquina, poderiam gerar um novo programa com bom desempenho para qualquer tarefa simples (*ibid*, p.23).

Além desses, a IA também realiza estudos sobre sistemas baseados em conhecimento como, por exemplo, os sistemas especialistas, que visam à tomada de decisão em termos do aprendizado adquirido de especialistas da área de aplicação (*ibid*, p.24).

A IA cria também o conceito de redes neurais, conceito que é fundamentado nos estudos da neurociência associados com os modelos conexionistas, que consideram a cognição efeito das conexões entre conceitos e não como reflexo de um sistema de símbolos e de sua estrutura lógica (*ibid*, p.26).

5.1.3.1. Agentes

Segundo Pattie Maes (1997b), agentes autônomos constituem uma abordagem no estudo de IA, fortemente inspirado pela Biologia, em particular, sendo a Etologia a sub-área que estuda o comportamento animal. Um agente é um sistema que tentará cumprir um conjunto de metas em um ambiente dinâmico e complexo. Ele está situado em um ambiente se consegue perceber o mesmo através de sensores e agir sobre este ambiente. Ele é chamado autônomo se suas operações são realizadas sem a interferência do usuário, ou seja, ele decide por si próprio quando uma ação o levará a atingir uma meta, e é dito adaptativo se tem a capacidade de se aperfeiçoar constantemente, isto é, ele melhora o resultado de suas ações pela experiência. O estudo de agentes autônomos adaptativos está fundado em dois importantes *insights*: olhando o sistema por completo mudamos o problema muitas vezes de maneira favorável; interações dinâmicas podem aditivar as complexidades emergentes.

A estes agentes pode-se adicionar comportamento racional, que junto com o comportamento autônomo passam a ser considerados agentes inteligentes (KNAPIK, 1998). Além das capacidades de adquirir conhecimento é possível se implementar em agentes capacidades como a criatividade e a emoção (MURCH, 1998). Na sociedade, o comportamento autônomo de agentes causa desconforto. Questões como a falta de controle sobre o comportamento do agente, a segurança e a privacidade ainda causam discussões (CHEONG, 1996).

Os agentes podem ser utilizados de diferentes maneiras reduzindo assim o trabalho e a sobrecarga de informações. Eles deixam a complexidade e a dificuldade da tarefa transparente ao usuário, executam tarefas no lugar do usuário, podem treinar ou ensinar o usuário assim como monitorar procedimentos e eventos. Outra característica importante nos agentes é de serem projetados de maneira que usuários não especialistas possam moldá-los conforme sua necessidade (MAES, 1997a).

Algumas considerações devem ser lembradas quando do projeto de um agente: o agente deve possuir uma interface amigável, deve manipular os erros, utilizar recursos simples e existentes, e os problemas complexos devem ser reduzidos a várias interações entre agentes. Em computação distribuída o ambiente deve prover segurança tal que os agentes não mudem ou apaguem componentes do sistema, não monopolizem a CPU, não utilizem grande largura de banda ou memória e não entrem em conflito com a memória necessária para os aplicativos do usuário (WHITE, 1997).

Quanto à arquitetura de agentes, pode-se afirmar que uma arquitetura é boa se ela possuir: simplicidade, funcionalidade, extensibilidade e portabilidade (MAES, 1997b). A seguir, são citadas algumas características de arquiteturas de agentes:

- a) módulos orientado a tarefa, um agente é visto como um conjunto de módulos competentes;
- b) soluções específicas de tarefas, cada módulo é responsável por fazer toda a representação, computação, “racionalização”, execução, que é necessária para competência particular que é de sua responsabilidade;
- c) regras de representação são desenfáticas, em um agente é pequena a ênfase na modelagem do ambiente, não existindo uma representação central compartilhada por vários módulos;
- d) estrutura de controle descentralizada, as arquiteturas de agente são altamente distribuídas e descentralizadas;
- e) atividade direcionada a meta é uma propriedade emergente da interação entre a competência de módulos internamente, e entre a competência dos módulos e o ambiente;
- f) regras para aprendizagem e desenvolvimento, em um agente a aprendizagem e desenvolvimento são considerados aspectos cruciais de um agente autônomo adaptativo;
- g) rapidez de ação, sua ação é rápida porque tem poucas camadas de processamento de informações, são mais distribuídos e muitas vezes não sincronizados e requerem menos capacidade de computação;
- h) robustez, são robustos porque nenhum módulo é mais crítico do que outro, ele não tenta entender a situação corrente, ele incorpora métodos redundantes e se adapta ao longo do tempo;
- i) aprendizagem através de experiência, é necessária para qualquer agente que queira demonstrar robustez, comportamento autônomo durante longo período de tempo.

Na aquisição de experiência, um agente deveria atender às seguintes expectativas quanto ao aprendizado que deveria ter as seguintes características (*ibid*):

- a) ser incremental;
- b) orientado para o conhecimento que é relevante para se alcançar as metas;
- c) estar apto a tratar com ruídos, ambientes probabilísticos, falha de sensores, etc;
- d) não possuir supervisão;

- e) tornar possível dar ao agente algum tipo de conhecimento inicial.

Sucessos encorajadores tem sido conseguidos nas áreas de robótica móvel bem como em agentes de software (*ibid*). Alguns problemas aparentemente requerem novas idéias e melhores soluções. O maior problema identificado é na utilização em sistemas maiores onde a complexidade é maior. As técnicas propostas não provém suporte suficiente para projetar ou construir agentes complexos ou com diferentes metas. As técnicas de aprendizagem propostas tem complexidades que tornam o desenvolvimento automatizado de agentes adaptativos um problema intratável.

5.1.3.2. Sistemas Multiagentes

Sistemas multiagentes, são uma aplicação de agentes. A diferença está no fato de serem utilizados vários agentes para a realização de uma tarefa. Os agentes utilizados podem ser do mesmo tipo, ou seja, cópias do mesmo agente que trabalham de forma colaborativa para executar uma tarefa. Ou, podem ser de tipos diferentes, ou seja, com metas e mecanismos de solução de problemas distintos. Nesse caso, eles trabalham de forma cooperativa na resolução de um problema. Outra característica importante é que esses agentes compartilham o mesmo ambiente. Isso é possível pela construção de um framework que comporta os diferentes agentes.

Esse tipo de sistema pressupõe a utilização de métodos de coordenação entre os agentes. Muitas vezes não é utilizado um agente coordenador que organiza a ação dos agentes de forma centralizada. Fica ao encargo do agente somente a realização da tarefa, que é ordenada pelo coordenador. Outra abordagem consiste na coordenação entre os próprios agentes, nesse caso, os agentes precisam de uma percepção maior do ambiente, e precisam ser construídos com uma mesma abordagem para lidar com questões de concorrência. Além do que, é necessária a utilização de uma linguagem para a comunicação entre os agentes. Segundo Finin (1997) e Cohen (1997) a KQML é utilizada largamente para este fim.

A justificativa para utilização de Sistemas Multiagentes é a decomposição dos problemas em tarefas simples que podem ser resolvidas de forma autônoma por um agente. Isso permitiria ganhos em termos de modelagem computacional na solução de problemas complexos.

Parte da complexidade seria resolvida pela interação dinâmica dos componentes que seriam capazes de aditivar sua estrutura emergente ou suas funcionalidades emergentes. A interação dinâmica pode ser considerada em diversos níveis (MAES, 1997b):

- a) entre um agente e seu ambiente⁶⁰;
- b) entre diferentes componentes e um agente;
- c) entre agentes e componentes de sistema social.

O importante é que cada complexidade emergente é muitas vezes mais robusta, flexível e tolerante a falhas do que programas. Nenhum componente é mais crítico do que nenhum outro.

⁶⁰ Segundo Pattie Maes (1997b), estruturas que controlam um agente não precisam ser complexas para produzir um comportamento resultante complexo, porém é preciso melhores modelos de interação entre agentes.

5.2. Ambientes Informatizados para promoção de Aprendizagem

Um ambiente informatizado para promoção de aprendizagem é na realidade um software com características peculiares, utilizado como ferramenta de apoio ao processo de aprendizagem. Quando restringimos o processo de aprendizagem a um ambiente, estamos levando em consideração a interferência do ambiente no processo de aprendizagem. Isto é, o ambiente deve produzir interferências que promovam a aprendizagem.

No jargão da informática, o conceito de ambiente significa a combinação do hardware com softwares aplicativos que permitem a realização de tarefas específicas através da interação com o usuário. Por exemplo, um ambiente de desenvolvimento de aplicações, ou ambiente de programação, é um conjunto de ferramentas necessárias para a realização de programação de software. Envolve um compilador, um linkeditor, um editor de texto, uma interface visual de desenvolvimento, um ambiente de depuração, entre outros.

Partindo-se dessa definição, um ambiente informatizado para promoção de aprendizagem seria apenas um aplicativo que é capaz de promover aprendizagem. Portanto, para evitar ambigüidades, é importante diferenciar ambientes informatizados de aprendizagem⁶¹ de uma sala de aula informatizada⁶². Em uma sala de aula informatizada as entidades do processo de aprendizagem estão inseridas no espaço da sala, e, as ferramentas que auxiliam o processo são os computadores, juntamente com aplicativos, porém, os aplicativos não necessariamente precisam ser ambientes informatizados de aprendizagem.

Portanto, em Informática na Educação, um ambiente informatizado para promoção de aprendizagem é um conjunto de softwares, reunidos em um único aplicativo, que visa auxiliar o processo de aprendizagem através da interação das entidades com o ambiente informatizado para promoção de aprendizagem. Um exemplo particular de ambiente informatizado para promoção de aprendizagem são os ambientes que permitem a comunicação em rede, e que ao serem agrupados formam um ambiente informatizado de aprendizagem que viabiliza o Ensino-aprendizagem à Distância.

Mas a discussão do conceito de ambiente informatizado para promoção de aprendizagem não abrange somente a definição do termo. Silva (2004) é faz seguinte consideração:

"Para poder desenvolver um Ambiente de Ensino-Aprendizagem⁶³ o desenvolvedor precisa levar em conta aspectos cognitivos e pedagógicos. Ao contrário dos Sistemas de Informações empresariais, os Ambientes de Ensino-Aprendizagem não são apenas processos de armazenamento, recuperação e manutenção de dados. O sistema precisa ser capaz de despertar, ou permitir, a criação de relações entre o usuário e o sistema."

⁶¹ Talvez o termo mais adequado fosse ambientes de aprendizagem baseados em Informática.

⁶² É comum a utilização do termo Laboratório de Informática enquanto sinônimo de sala de aula informatizada. Porém, um laboratório é um lugar onde se fazem experiências, portanto, um laboratório de informática deveria ser um lugar onde são realizadas experiências de computação.

⁶³ Na época da publicação do artigo o termo em voga ainda era Ambiente de Ensino-Aprendizagem.

A afirmação denota a preocupação com a abordagem adotada quando da produção de um ambiente informatizado para promoção de aprendizagem, devendo-se considerar ganhos além daqueles de automatização⁶⁴.

Dadas suas particularidades, um ambiente informatizado para promoção de aprendizagem necessita de uma equipe multidisciplinar na fase de desenvolvimento. Não basta simplesmente a visão de desenvolvimento de software. Apesar de precisar de programadores e de engenheiros de software, o projeto de um ambiente informatizado para promoção de aprendizagem dispensa o atual Analista de Sistemas. Isto porque, o profissional de análise de sistemas é formado com um profundo conhecimento de administração e não de educação.

Um exemplo dessa situação aconteceu durante o processo de desenvolvimento de um aplicativo que seria utilizado em uma pesquisa de comportamento de ondas cerebrais, medidas com um eletroencefalograma, durante a interação com um ambiente baseado em software orientada pela pesquisadora Suzane Garrido (2005). O aplicativo foi criado utilizando o GMaker, a Ilustração 3.3, página 39, mostra uma tela do processo de desenvolvimento desse aplicativo.

A primeira versão havia sido criada por um profissional que conhecia informática e psiquiatria, mas não conhecia aspectos relevantes do desenvolvimento de ambiente informatizados para promoção de aprendizagem. Para a equipe de pesquisadores os resultados não foram nada esclarecedores dada a quantidade de variáveis que estavam implícitas na utilização do aplicativo, e no fato de que o aplicativo não retornava registros de eventos que pudessem ser associados às ondas cerebrais.

Para poder alcançar o objetivo esperado, o software teve que ser refeito considerando-se aspectos cognitivos⁶⁵ e de modelagem computacional⁶⁶.

O produto final foi um aplicativo que permite a interação do usuário, isolando ao máximo possível as variáveis que poderiam provocar interferências na pesquisa. O objetivo era produzir uma perturbação, através da interação com o aplicativo, que denotasse estado de atenção, que pudesse ser percebida em um eletroencefalograma.

Os conceitos abordados na sessão 4, Retomando Conceitos de Aprendizagem, página 57, foram essenciais no projeto do aplicativo. Esse é um caso concreto que justifica a necessidade de se conhecer tais conceitos para a elaboração de ambientes informatizados de aprendizagem. Porém, se fosse um caso de elaboração de um Sistema de Informação, esse conhecimento seria desnecessário.

O importante nessa retomada é compreender que o processo de desenvolvimento de ambientes informatizados para promoção de aprendizagem necessitam de um embasamento conceitual que vai além do simples uso da tecnologia. A fundamentação teórica de desenvolvimento de tecnologia de informática é diferente da fundamentação teórica de utilização de tecnologia de informática em educação.

⁶⁴ Uma discussão sobre ganhos em informática pode ser vista na sessão 3.1, Informática x Computação, página 23.

⁶⁵ Ver sessão 4.1, Imersão em algumas idéias clássicas sobre o Conhecimento, página 58.

⁶⁶ Ver sessão 5.1.2, Modelagem Computacional, página 103.

5.3. Sociedades Artificiais

Em ciência da computação o termo pode ser utilizado tanto para definir a modelagem de sistemas sociais, quanto para delimitar uma configuração específica de sistemas multiagentes.

A modelagem social consiste na busca científica de modelos axiomáticos que possam representar comportamento social⁶⁷, ou seja, a busca de equações que descrevem a natureza do comportamento social. Esses modelos são utilizados na otimização de processos de tomada de decisão social.

Nesse trabalho, ao contrário da modelagem social, a abordagem adotada é a de múltiplos sistemas multiagentes segundo uma configuração específica. Essa configuração compreende agentes com finalidades e capacidades diferentes, que realizam interações entre si dentro de um ambiente restrito. Nesse modelo os agentes não tem seu comportamento determinado por uma equação de comportamento social. O seu comportamento social é obtido pela interação entre os agentes. A modelagem matemática é realizada no domínio do acoplamento dos componentes de informática.

Mesmo que a modelagem axiomática aconteça no domínio de seus componentes, por se tratar de uma modelagem, a abordagem do sistema multiagente faz com que a sociedade herde restrições de modelagem computacional, conforme discutido na sessão 5.1.2, Modelagem Computacional, página 103. A Ilustração 5.4 representa graficamente as condições de realização de uma Sociedade Artificial em função de sua natureza computacional.

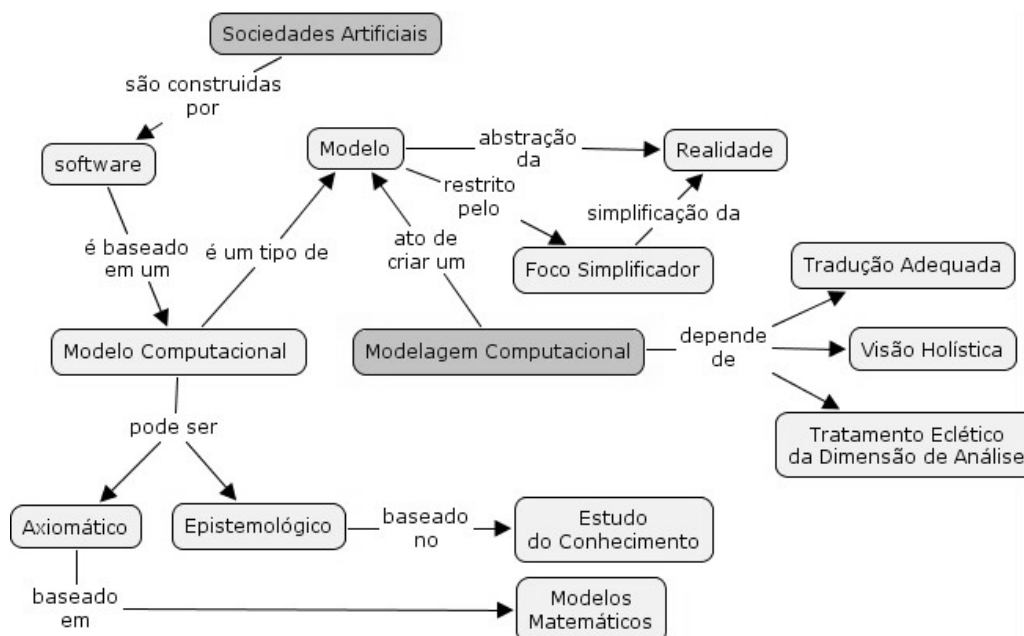


Ilustração 5.4: Sociedades Artificiais e sua relação com a modelagem computacional

Em computação, a abordagem de Sociedades Artificiais pode ser utilizada para a resolução de problemas complexos que envolvam interação entre agentes, assim como o uso de sistemas multiagentes.

⁶⁷ O comportamento social pode ser compreendido a partir dos conceitos e teorias apresentados na sessão 4.3, O domínio sociológico como um domínio de conhecimento, página 84.

Nessa pesquisa, as Sociedades Artificiais são restritas somente aqueles modelos que podem promover a simulação de comportamento social semelhante ao humano. Considera-se como simulação de comportamento humano social, qualquer modelo que, dado o enfoque e o contexto, preserva uma tradução adequada⁶⁸ da realidade social modelada.

Do ponto de vista da ciência como um todo, Sociedade Artificial é apenas uma nova tecnologia que utiliza componentes de Inteligência Computacional⁶⁹, como qualquer outro sistema de IA. Além disso, Sociedade Artificial é o estudo das interações entre os componentes do sistema e o estudo da capacidade de obtenção dos resultados esperados com a utilização de um sistema social artificial.

A preocupação maior do estudo de Sociedades Artificiais repousa, assim, nas interações entre diferentes entidades computacionais e na organização básica do sistema. O objetivo almejado é encontrar uma organização que permita a caracterização do sistema como sendo uma sociedade dentro de um ambiente artificial.

Nesta abordagem uma Sociedade Artificial é um conjunto de agentes, com finalidades diferentes, que podem interagir dentro de um mesmo ambiente, compartilhando ou concorrendo por recursos finitos segundo regras comuns.

Para implementar tal cenário é necessária a definição de uma arquitetura social, que tem como componentes o Agente, o Ambiente, os Recursos e as Regras Sociais. A lógica de interação desses componentes pode ser descrita da seguinte maneira: os agentes atuam em um mesmo ambiente, compartilhando recursos finitos segundo regras individuais ou coletivas. A Ilustração 5.5 mostra uma representação conceitual dessa arquitetura.

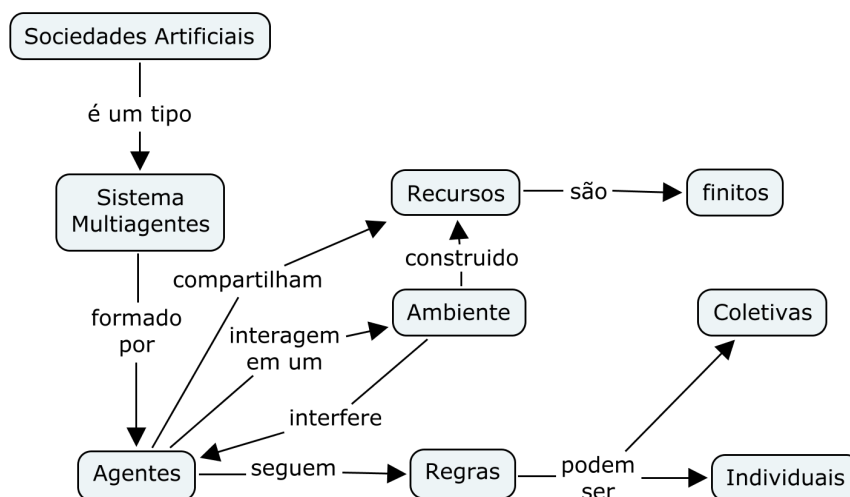


Ilustração 5.5: Arquitetura básica de uma Sociedade Artificial

O princípio de modelagem do sistema é a abstração da natureza. Nesse caso a natureza relevante é aquela que se refere aos componentes agente e ambiente. O objetivo de projeto é o de que cada componente seja um modelo da realidade. O agente deve ter traços biológicos, que definem sua estrutura, e traços psicológicos, que definem seu comportamento. O

⁶⁸ Ver conceito de Tradução Adequada dentro de tratamento de complexidade na sessão 5.1.2, Modelagem Computacional, página 103.

⁶⁹ Inteligência Computacional é o termo utilizado por alguns autores para definir a área da Ciência da Computação que pesquisa e desenvolve os componentes utilizados para implementar sistemas de IA.

ambiente deve ser físico. Os recursos fazem parte do ambiente e possuem uma única restrição que é o fato de serem finitos. As regras coletivas devem simular o conceito de valores e normas sociais. A Ilustração 5.6 mostra como esses princípios se relacionam em termos de regras para na elaboração dos componentes do sistema.

A fundamentação dessa modelagem se encontra em Maturana: é preciso modelar as causas não os efeitos. Isso significa que a estrutura do agente deve ser o modelo da estrutura do fato modelado. Como o acoplamento acontece entre estruturas, e é a estrutura que define as perturbações que são promovidas, para que haja aprendizagem, a adaptação depende dos acoplamentos de estruturas. É a modelagem correta da estrutura de sistemas autopoieticos que irá promover comportamento social emergente, ou seja, sistemas autopoieticos de terceira ordem, aos quais se acoplaram os alunos e professores. O modelo estrutural das Sociedades Artificiais segundo esses pressupostos é que pode garantir o diferencial significativo no aprendizado apoiado por esta tecnologia.

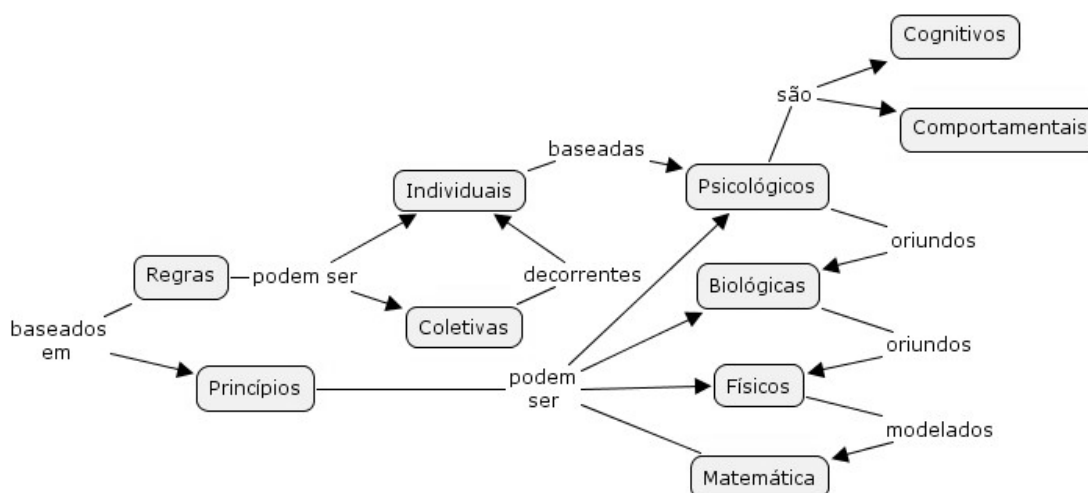


Ilustração 5.6: Relação entre os princípios que regem os componentes de uma Sociedade Artificial

Por tratar-se de uma modelagem computacional, existe uma relação hierárquica entre os princípios. Como toda modelagem computacional depende de um modelo matemático, todos os demais são efeitos colaterais desse modelo, ou seja, os princípios matemáticos criam modelos físicos, que criam modelos biológico, que modelam comportamento. O social será então o resultado das interações entre os agentes elaborados por essa arquitetura. Em um modelo de arquitetura clássica cada princípio seria uma camada que cria a camada seguinte.

5.3.1. Considerações sobre os Princípios que Modelam uma Sociedade Artificial

O objetivo nessa sessão é fazer algumas considerações sobre alguns dos princípios que regem a elaboração dos componentes da arquitetura do sistema. Essas considerações devem ser entendidas como parte do processo de construção da compreensão dos princípios dentro do contexto da modelagem computacional de sociedades artificiais.

As considerações não pretendem esgotar o assunto, muito pelo contrário, pretende-se apenas indicar o caminho de pensamento quando do processo de modelagem de algum desses princípios. Espera-se demonstrar que a identificação correta do princípio que está por trás da natureza, interferirá diretamente no processo de modelagem. A correta identificação do princípio diminuirá a complexidade do sistema.

5.3.1.1. Princípios Matemáticos

Para a modelagem computacional os princípios significativos são aqueles passíveis de abstração matemática. Portanto, a compreensão do conceito de matemática no processo de modelagem computacional deve ser considerado.

Uma função matemática nada mais é do que um mecanismo de manipulação de símbolos, que segue axiomas matemáticos, com a qual se pode chegar a resultados semelhantes aos obtidos na observação dos objetos que essa função representa, ou seja, é uma maneira de se chegar ao mesmo resultado, ou de se prever o resultado, seguindo um caminho diferente do mundo real. Nesse caso, seguir um caminho diferente significa, codificar uma realidade em símbolos, executar um conjunto de regras predefinidas, decodificar os símbolos e obter o mesmo resultado da realidade abstraída.

A possibilidade de entender o mundo através de equações matemáticas só nos mostra que nosso cérebro funciona a partir de operações comparativas. Isso não significa que exista uma realidade absoluta que é regida pela matemática. A realidade pode ser compreendida e descrita através de regras matemáticas pois são essas as ferramentas que o cérebro utiliza para descrever nossa percepção e compreensão de realidade.

5.3.1.2. Princípios Físicos

O objetivo das seguintes considerações é entender a física como infraestrutura que rege a capacidade de computação de um elemento.

A idéia de “processamento” pressupõe uma mudança de um estado inicial para um estado final diferente do estado inicial dentro de um espaço de tempo finito. A execução controlada desta mudança é a base que permite a construção de algoritmos e conseqüentemente da computação. O processamento está ligado diretamente a ação. Desta maneira, quando observamos reações físicas como a transferência de calor, a conservação de energia, estamos observando um tipo de computação física.

A inércia⁷⁰, princípio físico segundo a qual um corpo tende a manter seu estado de movimento a menos que uma força seja aplicada sobre o mesmo, é uma lei física que exerce influência em todo os sistemas naturais. Muitos dos comportamentos sociais, além dos efeitos mecânicos observáveis, possuem traços de inércia.

Mesmo no processo de aprendizagem a inércia pode ser observada. Seja através de conceitos behavioristas ou através da noção de perturbação que promove a mudanças de estruturas. Ao que parece a inércia é responsável pelo fenômeno de evolução.

Outra visão importante à cerca da inércia e de como ela pode ter um significado computacional, está ligada a nossa capacidade de memória. A inércia age como filtro do que será armazenado, portanto, ela é uma ferramenta auxiliar da memória.

De Duve (1997) chega a afirmar que: a vida e a mente não são obra do acaso; são manifestações naturais da matéria. Esta afirmação, junto com outras análises feitas até aqui, nos ajuda a entender a necessidade de ter-se, pelo menos uma noção básica, da interferência

⁷⁰ O conceito de inércia aqui utilizado é o conceito físico e não o conceito inércia educacional

das leis físicas, biológicas, psicológicas e matemáticas no desenvolvimento de sistemas complexos, como por exemplo, as Sociedades Artificiais.

5.3.1.3. Princípios Biológicos

Assim como ocorre com a modelagem computacional de conhecimentos de outras áreas, a computação também utiliza conhecimentos da biologia como referência para a criação de modelos computacionais, seja para fins computacionais ou para fins de constatação.

Um dos pressupostos biológicos utilizados pela Ciência da Computação para implementação de sistemas evolutivos é a teoria da Seleção Natural de Darwin. Além dessa, o estudo do DNA também serviu como modelo para o desenvolvimento de metodologias computacionais como a Programação Genética.

Mais recentemente, segundo Miller (2000), a teoria da seleção sexual pela escolha do parceiro, que favorece traços simplesmente porque são atraentes para o sexo oposto, se propõe a explicar os aspectos de nossas mentes que parecem mais singular e profundamente humanos – arte, moralidade, consciência, criatividade e linguagem – que não foram explicados satisfatoriamente pela teoria da seleção natural. As descobertas acerca desta teoria ainda não geraram modelos computacionais, mais lançam novas perspectivas sobre quais fatores devem ser considerados no processo de evolução humana.

De certo modo, alguns estudos estão resgatando novamente o Dogma Central da Biologia⁷¹, porém, novos componentes estão inseridos na teoria. Essas teorias tendem a mostrar como a genética e ambiente interagem na formação do comportamento e da personalidade. Segundo Bateson (2000), essa síntese refuta a tradicional oposição entre natureza e ambiente na formação do ser humano, ou seja, as influências genéticas e ambientais não têm uma ação independente sobre o desenvolvimento do comportamento. O desenvolvimento acontece no interjogo entre a natureza e o ambiente, o inato e o aprendido, o acaso e a escolha, a continuidade e a mudança, num processo que abrange todo o ciclo da vida, desde a concepção até a morte. É possível encontrar simplicidade e regularidade nos processos de desenvolvimento que produzem indivíduos singulares, pois a essência do desenvolvimento está na junção da mudança com a continuidade.

Esses fatores referem-se às questões da evolução e às questões de até que ponto o comportamento humano é inato ou adquirido.

A memória também deve ser considerada durante a modelagem. Ao invés de ser apenas uma característica que influencia os processos de aprendizado, ela também é fator decisivo nos relacionamentos sociais.

Dado um determinado grupo social pequeno, considerando pequeno como sendo o grupo de pessoas que constituem o círculo social de um indivíduo qualquer, o indivíduo consegue manter uma descrição individual de cada pessoa conhecida. Neste grupo, cada pessoa tem uma personalidade única. À medida que o número de indivíduos do círculo social cresce, tornasse necessário classificar os indivíduos em grupos. Com o aumento do círculo social, a pessoa escolhe aqueles que tem mais valor significativo para si e os mantém como personalidades individuais, ao passo que os demais são distribuídos dentro das classes que o

⁷¹ Afirma que a herança de características físicas é puramente genética, mas não a habilidade que ele conquistou com treinamento e experiência (ROHMANN, 2000, p.119).

indivíduo criou, segundo o grau de valor a ele associado. Esse tipo de comportamento é conhecido como generalização.

A importância desta observação no estudo de Sociedades Artificiais está no fato desse comportamento descrever uma característica computacional que necessariamente fará parte de nossos agentes, pelo mesmo motivo que a dos seres humanos: a restrição da capacidade física de memória. O comportamento de quantificação e qualificação dos indivíduos que fazem parte do grupo e a conseqüente classificação hierárquica desses, permite uma otimização da utilização da memória disponível. Já o processo de pré-classificação dos indivíduos que compõem um novo relacionamento, dadas algumas características observadas através dos sentidos, será útil na determinação do comportamento de interação.

Outro fator biológico que está ligado a estruturas sociais é sono. Alguns estudiosos dos distúrbios do sono⁷² afirmam que a sociedade humana só tem a forma que nós conhecemos atualmente porque o ser humano precisa dormir.

Esses são alguns exemplos, a partir dos quais, procura-se demonstrar que a estrutura social está diretamente ligada a estrutura do indivíduo. Principalmente no que diz respeito ao compartilhamento de recursos. Certamente existem muitos outros, mas o objetivo aqui era basicamente indicar que é necessário levar essas características em consideração. A modelagem delas é o que nos permitirá aproximar a estrutura de uma Sociedade Artificial à realidade modelada. A correta modelagem da estrutura do sistema é que irá permitir os acoplamentos que produzem perturbações significativas.

5.3.1.4. Princípios Psicológicos

A área da psicologia que tem função para a computação é aquela oriunda das ciências cognitivas aplicadas. Nesse contexto, os estudos que se referem aos fatores psicológicos estão normalmente ligados ao estudo da mente.

Para este estudo, a única consideração relevante a ser feita diz respeito a consciência, além dessas considerações já realizadas⁷³, existem alguns processos psicológicos que exercem papel sobre o comportamento social. As ilusões, fantasias, ou sonhos, são capacidades que o cérebro tem de predizer ou projetar uma situação futura, ou apenas de criar uma representação interna, presente ou passada, na qual acreditar. Esse é um dos mecanismos utilizado pela mente que tem influência direta no ambiente social. Essa capacidade mental esta ligada diretamente à motivação do indivíduo que está relacionada ao seu comportamento social.

É importante lembrar que os estudos de ciências cognitivas aplicadas não são a única forma de tratar o problema. Mesmo em questões psicológicas, o problema não precisa ser compreendido em termos de idéias clássicas do conhecimento, nas quais se fundamentam as ciências cognitivas aplicadas por considerar a possibilidade de modelagem computacional a partir das teorias de informação.

Fora da concepção clássica do conhecimento, a nossa compreensão de realidade é somente aquilo que pode ser operado pelo nosso cérebro-neural, sendo que, todas instâncias do que é realizado pelo cérebro são seus efeitos decorrentes do seu operar (efeitos colaterais).

⁷² Segundo narrativa do diretor de estudos do sono da Santa Casa de Porto Alegre, proferida em uma palestra realizada na reitoria da UFRGS em 1992, que abordava o assunto.

⁷³ Ver sessão 4.1.6, Consciência, página 69.

São chamados de colaterais por não serem o objetivo primordial para o qual o mecanismo foi concebido, ou seja, por serem pertencentes a outro domínio. Essa noção de concepção é não intencional. Nesse caso, a aprendizagem, consciência, inteligência, sentimentos, emoção, entre outros, são resultados do operar de um mecanismo que se modificou ao longo do tempo, portanto, não existe a noção de evolução. Essa modificação, costumeiramente chamada de evolução, é fruto do operar do sistema. A própria vida passa a ser um mero operar de alguns sistemas orgânicos.

Essa concepção desconsidera a noção de intencionalidade associada ao sistema. A intencionalidade fica então no domínio do viver, e é, portanto, uma visão antropomorfa, que depende do observador. Nesse domínio, a inteligência é qualquer efeito produzido de forma intencional visando uma determinada configuração espaço-temporal.

5.3.1.5. Princípios Sociais

A exemplo de outras descobertas científicas, procurar um modelo de referência na natureza pode ser de extrema utilidade como ferramenta de demonstração do que se pretende criar. Um modelo de sociedade que poderia servir como ponto de referência é a própria sociedade humana. Porém o ser humano vive no modelo de sociedade agrícola e industrial a menos de 1% de sua existência, os outros 99% do seu tempo de existência foram destinados à evolução de uma espécie que era, basicamente, fundamentada na coleta de alimentos. Além do que, a complexidade da sociedade atual, dificulta a identificação entre causa e efeito.

Para que se imagine a implementação de uma Sociedade Artificial é necessário, num primeiro momento, observar o comportamento social real. As ciências sociais⁷⁴ são responsáveis pelo estudo deste comportamento.

Segundo Eva Maria Lakatos (1982), o universo social é tão complexo que muitos autores tentam explicá-lo através de uma série de fatores que motivam, determinam e modificam os fenômenos de interação. Esses fatores podem ser externos ou internos ao homem. Os fatores externos abrangem o biológico e o ecológico. Entre os fatores biológicos essenciais, destacamos as variações da população, determinadas pelas taxas de natalidade e de mortalidade, pela disponibilidade de meios de subsistência etc. Entre os fatores ecológicos podemos lembrar a influência do clima, do solo, da flora e da fauna na adaptação dos grupos sociais, a organização territorial e a migração. Quanto aos fatores internos, temos os psicológicos, pois a interação social também pode ser explicada através do psiquismo humano, que envolve instintos, sentimentos, interesses e desejos.

Para Lakatos, um nível ótimo de estabilidade e, ao mesmo tempo, de flexibilidade são requisitos essenciais de um sistema sócio-cultural, dotado de alto potencial adaptativo ou de integração: estabilidade relativa tanto das bases sócio-psicológicas das relações interpessoais, quanto dos significados culturais e das hierarquias de valor, cuja função é manter unidos os membros do grupo, num mesmo universo sócio-cultural; flexibilidade de relações estruturais, caracterizada pela ausência de barreiras sólidas à mudança e, ao mesmo tempo, pela existência de certa propensão à reorganização da estrutura institucional corrente, quando necessária, em face de desafios ambientais ou condições internas emergentes. A capacidade de persistir ou desenvolver-se, modificando a própria estrutura, até, às vezes, de forma fundamental, é característica básica de um sistema adaptativo complexo.

⁷⁴ Ver sessão 4.3, O domínio sociológico como um domínio de conhecimento, página 84.

Apesar do comportamento social humano ser objeto de pesquisa das ciências sociais, é possível fazer a modelagem computacional desses estudos, na qual, o ser humano passa a ser um agente. Essa perspectiva nos auxilia a priori, por orientar como deve ser a estrutura de um agente que irá interagir em uma Sociedade Artificial, e a posteriori por servir como mecanismo de medida dos efeitos esperados.

5.3.2. Visão Geral sobre a Modelagem de Sociedades Artificiais

Antes de tratar a modelagem propriamente dita, é preciso salientar quais os principais requisitos do sistema, ou seja, quais são suas diretrizes de elaboração, o que se espera alcançar e o que não deve ser esquecido quando da modelagem de um sistema de sociedades artificiais.

O requisito mais importante é o de que a interação do ambiente deve permitir a emergência de um sistema não determinista, porém estruturado, ou seja, o comportamento é previsível porém surpreendente.

A modelagem de cada componente deve ser aberta, no sentido de ser possível a modificação e combinação aleatórias de diferentes princípios que fundamentem determinada ciência.

Por exemplo, as regras de compartilhamento de recursos poderão ser definidas em determinado momento como regras de cooperação e em outro momento como sendo regras de competição, ou ainda, ambas poderão ser implementadas em diferentes agentes dentro de um mesmo cenário.

A configuração das interações dos componentes é que irá determinar o tipo de aprendizagem que poderá ser explorado no processo aprendizagem.

A maior parte desse conhecimento está relacionada à interações sociais. Dentro desse contexto é possível trabalhar com o aluno a construção de uma visão sistêmica da realidade⁷⁵. Nesse processo o sistema age de forma a consolidar o imaginário referente às interações sociais do indivíduo, permitindo a elaboração de condutas de tomada de decisão em sistemas sociais.

O ambiente desenvolvido deve ser um ambiente informatizado de aprendizagem⁷⁶ que utilizará tecnologias de ciência da computação, tais como: tecnologias de IA⁷⁷, computação gráfica, sistemas dinâmicos, computação natural, etc.

É importante lembrar que, sempre que procuramos modelar um problema em um computador estamos retomando os preceitos das ciências cognitivas aplicadas, porém, apesar da informática ser uma ciência da informação, o objeto modelado não precisa estar, necessariamente, sujeito a teoria da informação. Ou seja, no domínio do aplicativo é necessária a utilização de teoria de computação, pelo menos em algum nível, no domínio de sua utilização isso não precisa ocorrer.

⁷⁵ Ver sessão 5.1.2, Modelagem Computacional, 103.

⁷⁶ Ver sessão 5.2, Ambientes Informatizados para promoção de Aprendizagem, página 113.

⁷⁷ Ver sessão 5.1.3, Inteligência Artificial, página 108.

Se formos modelar a aprendizagem pela fundamentação da Biologia do Conhecer de Maturana, e esse será o caso das utilizações das Sociedades Artificiais, não poderíamos utilizar os preceitos da teoria da informação no domínio de utilização. Mas, por serem pertencentes a domínios diferentes, a implementação do aplicativo não interfere na sua utilização.

O que se constata, e que deve ser evitado, é que a visão do cientista da computação, oriunda e construída sob o enfoque da teoria de informação, faz com que os aplicativos educacionais acabem transparecendo essa concepção.

Outro fator a ser considerado é a diferença entre o conceito de recursão e recorrência. Quando for realizada a modelagem de conceitos de recorrência fora da teoria de informação, não se pode confundi-la com recursão.

Em informática a recursão pode ser entendida como uma modelagem do paradigma sistêmico. Esse modelo consiste de uma entrada que é processada gerando uma saída. Se essa saída é retroalimentada, ou seja, é utilizada como entrada no mesmo sistema, sendo essa entrada apenas uma parte da solução total do sistema, temos um processo recursivo.

De fato, um processo pode ser reproduzido através de laços ou estruturas de repetição. Nesse contexto, o conceito de recursividade não passa de uma definição conceitual para enxergar a repetição de uma forma alternativa e para descrever um comportamento específico de repetição. Isso pode ser comprovado através de algoritmos que retornam o mesmo resultado independentemente de terem sido implementadas computacionalmente de forma recursiva ou de forma repetitiva. Por exemplo, para calcular o fatorial de um número pode-se utilizar tanto laços de repetição e seleção quanto funções recursivas.

Já para Maturana (2001, p.270) recursivo é o mesmo que recorrente, que se volta para si mesmo. Isso é diferente de repetição. Na repetição encontramos sempre o mesmo, na recorrência encontramos o diferente. Na recorrência o sistema se altera a si mesmo. Portanto, a menos que seja possível criar um tipo de rotina recursiva, que não possa ser representada de forma repetitiva não estaremos falando do mesmo conceito apresentado por Maturana.

5.3.3. Estrutura do Modelo de Sociedades Artificiais

Uma sociedade artificial é composta por um conjunto de agentes sociais e por um ambiente no qual os agentes realizam as interações sociais.

O agente social é o objeto correlacionado ao indivíduo. A construção do agente social utilizará componentes de Inteligência Computacional tais como: Autômatos Celulares, Algoritmos Genéticos, Programação Genética e Redes Neurais.

As características dos agentes relacionadas a cognição e interação social utilizarão técnicas de construção de sistemas de IA, tais como: Sistemas Especialistas, Raciocínio Baseado em Casos e Tutores Inteligentes.

O mais importante é separar a arquitetura em três camadas de projeto distintas:

1. A primeira é a construção do Ambiente Social, nele devem estar todas as regras de comportamento físico às quais estão sujeitos os agentes sociais.

2. A segunda é a construção do agente social, neste caso o Agente Social é uma entidade que interage com o Ambiente Social segundo suas regras e possui, além dessas características, todas as características biológicas comuns aos agentes sociais de determinada categoria.
3. A terceira é a construção do conhecimento adquirido pelos agentes sociais, é a camada que irá integrar a maior parte da identidade do agente social, é o que ele aprende e “vivencia” durante sua existência. É importante lembrar que a construção do conhecimento será na realidade as adaptações sofridas pelas estruturas dos agentes ao longo de seus acoplamentos, baseadas em suas expectativas. Portanto, a separação dessa camada é apenas conceitual pois ela se realiza na interação dos agentes entre si e como o ambiente. No ser humano esta camada estaria ligada ao seu grau de consciência. Apesar da camada de conhecimento estar diretamente ligada ao agente social, ela não está inserida na segunda camada, a da construção física do agente, para que se possa separar “corpo” de “consciência”.

Este é o princípio de modularização do sistema que permitirá a construção de agentes sociais, enquanto “corpo”, que poderão ser utilizados para diferentes atividades, enquanto “consciência”. Ou seja, uma parte da pesquisa se preocupa em desenvolver o ambiente, a outra se preocupa em desenvolver o “corpo” do agente que irá interagir dentro do ambiente, enquanto que outra parte utiliza o ambiente e o corpo para modelar a Sociedade Artificial através da definição do comportamento individual e coletivo do agente.

Como cada camada possui características específicas e demanda conhecimento especializado, por exemplo, a primeira camada envolve conhecimento relacionado à física, a segunda, à biologia e, a terceira, à psicologia e ciências sociais, o trabalho independente entre estas camadas garantirá uma implementação mais próxima da realidade, evitando desta maneira o problema de complexidade da implementação de um agente social, além de evitar a “orientação forçada do comportamento do agente” devido a restrições tecnológicas ou a falta de conhecimento devida abrangência heterogênea do problema.

Dessa maneira pode-se sugerir as seguintes parcerias de desenvolvimento:

- a) Agente: Computação + Biologia
- b) Ambiente e Recursos: Computação + Física
- c) Comportamento e Regras Sociais: Computação + Psicologia + Sociologia

5.3.4. Simulação

Um dos papéis mais importantes das Sociedades Artificiais é a simulação de ambientes sociais simples ou complexos. Através da observação da simulação evolutiva de um sistema podemos determinar o quanto ele se aproxima da realidade. A partir do momento que temos um sistema com um grau de fidelidade aceitável para a tarefa que se destina simular, podemos criar situações que são difíceis de serem observadas e estudadas no ambiente real, podendo servir como ferramenta de tomada de decisão.

O desenvolvimento do estudo de Sociedades Artificiais, como boa parte do desenvolvimento do pensamento científico, se dá pela observação da natureza. A natureza sempre esteve presente “aos olhos dos seres humanos” mas o ser humano só consegue enxergar certas realidades depois que passa a entendê-la. Muitas das descobertas científicas se deram ao acaso, os cientistas praticamente esbarram com suas descobertas. Além desta obra

do “destino”, podemos ficar nos perguntando incessantemente sobre determinado aspecto, que para nós ainda é um mistério, aos poucos insights vão surgindo, e depois de muito questionar podemos quem sabe chegar a uma descoberta.

Algumas destas descobertas são o passo inicial para o desenvolvimento de tecnologia. Mas existe um problema, quando o ser humano está na procura de insights que ajudem na solução do problema é comum o surgimento de suposições imprecisas, que muitas vezes são aceitas e trabalhadas durante um longo período de tempo por falta de algo que explique melhor o problema. Não são poucas às vezes em que se filtram os dados observados para se comprovar a hipótese levantada.

Porém soluções imprecisas solucionam problemas até um determinado ponto, à medida que o problema se torna complexo a tendência é se criar uma série de “remendos” para manter viva a teoria. O mesmo acontece no processo de criação de regras e normas.

O importante para o cientista é observar a natureza da maneira mais clara possível. No caso da observação ter sido feita por cientistas de outra área, é importante saber escolher a hipótese que é mais amplamente aceita ou que tem melhores chances. Essa postura, além de diminuir a quantidade de trabalho, pode ser a diferença entre o sucesso ou o fracasso do projeto.

Quando falamos de simulação de Sociedades Artificiais Complexas, estamos falando de um sistema composto por outros vários subsistemas que também formam micro-sociedades. Estas micro-sociedades são responsáveis pelos comportamentos do sistema macro, mesmo que elas não tenham “consciência” do sistema como um todo elas devem exercer o seu papel de forma a se alcançar o objetivo do todo.

A simulação depende da parte física do sistema. É a parte física do sistema que dita as regras do que pode ser feito ou não, ou melhor, de qual tipo de simulação permitida pelo hardware. Novamente nos deparamos com a questão do determinismo estrutural.

A importância da análise destas questões está no fato de que, quando imaginamos a implementação de um sistema que ira simular o comportamento de uma sociedade complexa, temos que lembrar que esta implementação ocorrerá sobre um sistema matemático que, se não é capaz de representar todas as propriedades mentais humanas, não poderá representar de forma fiel o comportamento de uma sociedade. De outra forma seria necessário à descoberta de um novo axioma matemático que provasse a possibilidade da mente ser descrita matematicamente, ou, a formulação de um novo modelo científico que explicasse o comportamento da mente e que pudesse vir a ser simulado em uma máquina sem que houvesse modelagem matemática e que mesmo assim pudesse ser implementado em computador.

Sempre que modelamos uma simulação em informática, estamos aplicando um axioma matemático. O problema é que o axioma já é um modelo, sendo assim, estamos apenas modelando um modelo da realidade e não criando um modelo da realidade, mas sim um modelo do modelo da realidade. Pode-se afirmar que a conversão de um axioma matemático em um algoritmo são apenas formas de representação distintas do mesmo modelo.

Porém, o princípio de abstração pressupõe que uma representação, seja ela da realidade ou de outro modelo, é um novo modelo. Sendo assim estamos modelando a matemática e não a realidade.

Nos ambientes de simulação atuais, as regras de comportamento do universo são ditadas a partir de regras externas, ou seja, as leis que regem o comportamento do objeto dentro do universo virtual são elaboradas a partir do universo real. Porém, essas leis são modelos e por si só geram uma realidade já compilada de ação e reação. É necessário então que se construa um universo adequado, que possa representar a natureza daquilo que está sendo modelado, pois de outra forma, estaremos apenas utilizando o computador como folhas de acetato, ou um quadro branco virtual.

5.3.5. Aplicabilidade do Modelo em Educação

A proposta de uma Sociedade Artificial poder ser explorada por diferentes linhas de trabalho pedagógico, podendo o educador trabalhar adequando-a a sua linha de ensino, seja ela construtivista ou não. Na sessão 4.5, página 98, foi sugerido um mecanismo de interação capaz de produzir aprendizagens baseada na utilização de Sociedades Artificiais.

O estudo de Sociedades Artificiais pode auxiliar no processo de aprendizado que tange as noções sistêmicas não deterministas. Para estudantes das áreas de exatas a fundamentação de seu raciocínio é baseado na lógica, já para estudantes das áreas de humanas a construção do conhecimento se dá a partir de pressupostos estéticos e as vezes éticos.

Na educação estamos exercitando o ato de compreender a realidade através da interação de vários objetos em um ambiente social, e não apenas através da realização de equações matemáticas.

É importante lembrar também que a postura da educação é diferente da postura da computação. Por exemplo, se fossemos utilizar o software Modellus, apresentado na sessão 3.3, Avaliação de Recursos Utilizados em Informática Educativa, página 34, para aprendizagem de movimento de balística em física, poderíamos aplicar a equação que gera a curva da trajetória de um projétil diretamente no aplicativo e montar sua representação em uma animação dentro de uma linha de tempo. O resultado seria um gráfico da posição do objeto em um espaço bidimensional em função do tempo. Esse gráfico pode ser traçado a partir de uma equação de movimento composta. Uma única fórmula poderia ser utilizada para descrever esse movimento. Se o objetivo da aprendizagem fosse aprender a fórmula, a sua simples utilização e aplicação no ambiente seria suficiente. Porém, se fosse um aprendizado de física, e portanto, de estudo da natureza, seria importante demonstrar que a fórmula é composta pela combinação de outros dois movimentos independentes: um na direção horizontal e outro na direção vertical. Na direção horizontal a projeção do movimento real é um movimento retilíneo uniforme, no qual a aceleração é nula e conseqüentemente a velocidade é constante. Na direção vertical a projeção resulta em um movimento retilíneo uniformemente variado, no qual a aceleração é igual a aceleração da gravidade e possui uma velocidade variável. A utilização do software consistiria em lançar as duas equações no aplicativo e demonstrar que a resultante da aplicação das duas equações é equivalente ao movimento da equação composta. Esse exemplo mostra duas situações distintas, uma onde se utiliza uma solução resumida e uma onde se utiliza uma solução composta. Essa diferença representa uma analogia entre o que se busca com a computação e o que se precisa na educação. Na computação se busca uma equação resumida, na educação é necessário que se compreenda o processo e a natureza por trás do comportamento observado.

No aprendizado de noções sociais versus simulação social, significaria dizer que o que importa é compreender as relações que estão por trás das interações sociais, que geram o

fenômeno social e não somente identificar e aplicar uma equação que descreve esse fenômeno. Demonstrar que existe uma equação que modela o comportamento social só demonstra a eficiência da equação, mas não promove o aprendizado nem mesmo demonstra que aquilo é uma verdade. Portanto, o uso de Sociedades Artificiais só será útil em educação se forem modificadas as compreensões dos desenvolvedores, quando se perceber que é preciso um modelo que utiliza computação para a criação da simulação, mas não é necessário um modelo computacional de comportamento social. Somente nesse contexto poderemos conquistar ganhos de informatização significativos no uso dessa tecnologia em informática educativa.

6. CONCLUSÃO

O caminho percorrido nessa tese permite concluir que o desenvolvimento de bases teóricas e tecnológicas existentes poderão viabilizar a implementação de Sociedades Artificiais, projetadas para uso em informática educativa. Tal implementação possibilitará ganhos de informatização significativos capazes de promover intervenções que contribuem para a aprendizagem de noções decorrentes de processos sociais auxiliando na elaboração da compreensão de ações de tomada de decisão em ambientes de simulação social.

Porém, isso só é possível se forem considerados aspectos teóricos e tecnológicos na sua implementação e em sua utilização, dado que nenhuma ferramenta é em si mesma uma ferramenta de aprendizagem. A aprendizagem é somente um fenômeno que pode resultar do acoplamento com seu operar e não um princípio que dependa exclusivamente de sua implementação.

Dito de outro modo, para se constituir em uma ferramenta para promoção de aprendizagem é necessário, mas não suficiente, que em seu projeto existam princípios de compreensão do modo como a aprendizagem se produz. É necessário também que a ferramenta seja um sistema ao qual o aluno possa se acoplar, que promova a necessidade de adaptação através da sua interação com o sistema para que se constitua a aprendizagem. E, para que isso se transforme em conhecimento é necessário se realizar um alinhamento das expectativas do aluno sobre sua interação com o domínio de conhecimento no qual ele age.

A associação da tecnologia com sua capacidade de interação pró-ativa e sua característica não-determinista de simulação de comportamento social, conduzida no domínio da linguagem pelo acoplamento entre aluno e professor sobre os domínios de interações sociais, pode permitir a aprendizagem e a construção do conhecimento sobre noções sociais, que ao serem mapeadas para o social podem auxiliar nos processos de tomada de decisão em ambientes sociais.

A fundamentação sobre o arcabouço conceitual proposto por Maturana e Varela, são suficientes para justificar e orientar tanto o modelo computacional quanto o processo de aprendizagem. Na modelagem computacional a principal diferença dos modelos e arquiteturas atuais é que a abordagem de Maturana não é uma matematização do problema, mas sim o resultado fenomenológico de acoplamentos estruturais em um determinado domínio.

6.1. Análise de Tecnologias Utilizadas em Educação

A análise da tecnologia atualmente utilizada foi feita a partir da comparação entre uma realidade, procedimental ou concreta, modelada e seu equivalente computacional concebido em termos de software educacional ou apenas em termos de aplicativo utilizado em informática educativa.

A comparação entre uma realidade e o modelo computacional⁷⁸ permite-nos identificar se o ganho apresentado restringe-se apenas a ganhos de desempenho ou se apresenta ganhos extras. Como indicadores de desempenho considerou-se: a capacidade de processamento, capacidade de armazenamento digital e a capacidade de reprodução e de distribuição de material digital.

Ao realizarmos-se as análises dos recursos disponíveis e atualmente utilizados em informática educativa, na sessão 3.2, Automatização x Informatização, página 26, constatou-se que tais tecnologias restringem-se a produzir, essencialmente, dois tipos de ganhos: o ganho de tempo, em função da velocidade de processamento dos computadores, e o ganho de espaço de armazenamento e organização, por manipularem-se dados digitalizados.

Esses dois ganhos geram ganhos secundários, principalmente relacionados à produtividade, por permitirem o reaproveitamento, reprodução e distribuição de material digitalizado, na construção de material educacional, de forma rápida e com baixo custo operacional. Contudo, esses benefícios, não exploram todo o potencial computacional da informática. Isso denota que os ganhos secundários têm sido considerados suficientes ou por falta de conhecimento dos ganhos reais que a computação oferece, ou pela complexidade em se explorar recursos avançados em computação.

O ganho principal que pode ser conseguido com Sociedades Artificiais, que permite afirmar que elas transcendem os ganhos atuais, é a possibilidade de elaboração de modelos computacionais não deterministas de simulação de interação social complexa, a partir da declaração de interações simples. Além disso, associa-se, enquanto ganho, a possibilidade de interação pró-ativa do aluno com o sistema.

6.2. Ganhos de Informatização

Os ganhos de informatização são decorrentes de sua condição sistêmica, da plasticidade na mudança de processos promovida durante sua utilização, da autonomia do sistema, da capacidade de simulação e, principalmente, por implementar pressupostos educativos, tais como a atividade do aluno, a ludicidade, a problematização, a elaboração estratégica de procedimentos e a construção de valores.

Cabe novamente ressaltar que esses ganhos só serão alcançados plenamente se ficar claro, para o professor e para o desenvolvedor, o que cada um dos indicadores de ganhos de informatização, discutidos na sessão 3.2.2, Ganhos de Informatização, página 30, significa no contexto da informática educativa. Portanto, corre-se o risco de, apesar da possibilidade, não serem explorados os potenciais da tecnologia.

Na educação a mudança de processos, que é um dos indicadores que denotam ganho de informatização, acontece por meio da metodologia de utilização e da inclusão das ferramentas tecnológicas no processo de aprendizagem. Na computação a mudança de processo acontece na modelagem do sistema.

A autonomia do sistema contribui para o processo de aprendizagem, desde que permita a interação pró-ativa do aluno com o sistema. Na fase de elaboração do cenário de interação social, contribui por ocultar a complexidade da programação pela utilização de

⁷⁸ Ver sessão 5.1.2, Modelagem Computacional, página 103.

agentes de software. Na fase de desenvolvimento da tecnologia é um indicador de requisito do sistema.

A simulação é o principal operador das Sociedades Artificiais que pode contribuir na mudança de processos. O que a simulação permite é o exercício da análise de relações em relação a tomadas de decisões e o exercício da posição de observador do aluno. Porém, não podemos transferir as relações que encontramos entre os agentes em uma Sociedade Artificial para os agentes em uma sociedade cultural pois são estruturalmente distintos, por isso a necessidade da modelagem segundo os princípios aqui apresentados. A modelagem da estrutura da Sociedade Artificial é o fator determinante para que se diminua a diferença e a energia de mapeamento entre o aprendizado produzido pela simulação e a conduta necessária na interação social.

A metodologia de intervenção do professor, para manter uma congruência com os modos de pensar a aprendizagem a partir da perspectiva da Biologia do Conhecer, deve explorar ao máximo a interação pró-ativa do aluno com um ambiente de simulação de interações sociais. Nessa abordagem, o exercício da função de observador, ou seja, a possibilidade de construir explicações considerando os resultados das diferentes simulações pode constituir-se em uma experiência única, não passível de comparação com outras experiências de aprendizagem nas quais não se conte com ferramentas tecnológicas.

Nas aprendizagem por interação com ambientes de simulações a credibilidade do fato simulado é essencial. Portanto, o professor em um processo de coordenação de coordenação consensual, deve demonstrar que a simulação é elaborada mas não determinada, ou seja, que é possível elaborar o cenário de interações sociais a partir das interações entre os agentes, porém, não é possível determinar os resultados. Os resultados são prováveis e dependem do determinismo estrutural dos agentes acoplados à estrutura do ambiente. O efeito social observado embora determinado estruturalmente não é factível de previsibilidade fechada pois decorre das regras de interação que foram determinadas. O desenvolvedor da tecnologia deve levar em consideração que seu papel não é a implementação de computação social, mas sim, da elaboração de um ambiente de interação de agentes do qual irá emergir efeitos sociais. A sua função é identificar regras de interação entre agentes as diferenciando entre causas e efeitos.

Por ser uma tecnologia de informática, ela pode ser desenvolvida para várias finalidades, por isso, a importância de que o projeto seja desenvolvido para uso em informática educativa. A diferença está na finalidade do uso da tecnologia. Para qualquer outra área é suficiente uma tecnologia que pode ser utilizada para a resolução de problemas que possam ser tratados pela dinâmica de agentes. Para a educação o objetivo não é somente resolver o problema em si, mas constituir um conjunto de experiências, no qual, possa ser acionado o processo de resolução que, se de um lado fornecem resultados, de outro ampliam as questões iniciais. O resultado é só um indicador de que houve um processo realizado, mas o próprio resultado pode ser um novo problema (pois pode contrariar previsões anteriores). Essa é uma diferença crucial entre as áreas de aplicação da tecnologia.

6.3. Os Efeitos da Intervenção na Aprendizagem

A pesquisa de campo permitiu concluir que a interação do aluno com um cenário de simulação social promove a retomada de noções já adquiridas, não tendo ficado claro se essa retomada, apesar da sua enunciação, promova perturbações significativas na compreensão da

situação social observada. Foi a partir dessa experiência de campo que concluiu-se que era necessário pensar como os diferentes tipos de ferramentas tecnológicas são usados didaticamente, afim de alcançar os objetivos propostos de aprendizagem. Também é possível, novamente, afirmar que é muito importante para um projetista de informática ter em mente princípios que possam possibilitar uma aprendizagem problematizadora.

A retomada de conceitos de aprendizagem permitiu concluir que as idéias clássicas do conhecimento oferecem uma explicação da aprendizagem que não favorece a possibilidade de mudança de processos no uso da tecnologia, nem mesmo versam sobre o tipo de aprendizagem em foco nesse trabalho, que é a aprendizagem de noções de interação social verossímil a humana que possa auxiliar na elaboração da compreensão de processos de tomada de decisão em ambientes sociais.

A retomada também permitiu constatar que, para propor uma experiência educativa que possibilite o tipo de aprendizado almejado, era preciso uma solução complexa que envolveria a fundamentação em mais de uma teoria. Porém, o mapeamento do campo teórico permitiu identificar a *Biologia do Conhecer* como uma teoria, baseada em um aparato conceitual, que contemplava o conhecer, a aprendizagem e o social.

Concluiu-se então que a *Biologia do Conhecer* seria a teoria suficiente para tratar o problema. Optou-se por manter a retomada de idéias clássicas na pesquisa para que ficasse registrado o percurso que levou o autor a essa tomada de decisão. Bem como, por ser um referencial teórico que pode ser utilizado na descrição de fenômenos que deverão ser observados como resultado da implementação do modelo de *Sociedades Artificiais* apresentado.

Tomando por base a *Biologia do Conhecer*, podemos propor que a interação pró-ativa em *Sociedades Artificiais*, pode ser compreendida como o acoplamento de estruturas determinadas, cujo estado estrutural especifica quais perturbações são possíveis, e que intervenções podem ser desencadeadas em sua dinâmica de estados.

Ao interagir o aluno estabelece relações entre as ações e decisões tomadas e os resultados efetivos que foram obtidos. Essas relações permitem que possam ser testadas suas hipóteses em relação à estrutura do sistema que foi capaz de, mediante tais perturbações, produzir tais efeitos. Nesse contexto, o conhecer é produzir um exercício de observação e de explicação nos quais os efeitos resultantes possam ser comparados aos efeitos presumidos, retirando daí uma hipótese de funcionamento relacional (interações) do sistema que estamos postulando como sociais, por resultarem em interações entre agentes.

Ao ocupar o lugar de observadores os alunos são desafiados a produzir explicações sobre o comportamento social entre os agentes, sobre as relações existentes nas suas interações, sobre como se criam, se mantêm e como interferem no comportamento social observado. Quando se estabelecer a explicação como um fenômeno do conhecimento sobre social este mesmo gerará perguntas que levam não somente ao constatar, mas à necessidade de explicar sua processualidade, à realização de inferências e ao exercício da previsão.

A ação de interferir nas interações dos agentes (produzir simulações) ativa a função observador e por isso pode ser comparada ao próprio processo de conhecer, é o fazer que elabora o conhecer e o conhecer que interfere no fazer. Uma recorrência entre aluno e simulação, entre ação e experiência, entre ser e perceber que faz o compreender.

Mas cabe fazer uma ressalva. Estamos falando de comportamentos sociais pois tomamos a interação entre os agentes e a emergência de padrões relacionais como uma espécie de sociedade. Mas por mais precisos que sejam os conhecimentos passíveis de serem construídos a partir dessa simulação nada nos permite afirmar que esses padrões fazem referência ou explicam interações sociais de outros sistemas, como por exemplo, as interações sociais humanas. Se há transferência de alguma aprendizagem, a única possibilidade é a transferência dos processos de constituir a posição de observador. Assim, o que é transferível de uma sociedade a outra é a própria “atitude de um observador” e não os padrões recorrentes, pois eles emergem da dinâmica estrutural de tal sistema, nada podendo afirmar sobre os demais sistemas.

Essa ressalva se faz importante, pois no pressuposto de fechamento estrutural defendido por Maturana, o que um sistema pode fazer a outro é produzir perturbações sem nunca ser capaz de uma interação instrutiva. Assim a aprendizagem que estamos dizendo que se produz em ambientes educativos baseados em Sociedades Artificiais é a aprendizagem do exercício da posição de observador, que deve ser restituída a cada sistema que interagimos.

A aprendizagem acontece pelo acoplamento recíproco entre aluno e professor. Essa comensurabilidade entre professor e aluno é produzida somente pelo seu acoplamento. Um ambiente de aprendizagem, para ser assim considerado, deve possibilitar, favorecer acoplamentos instigando a função observador, a partir da qual o aluno possa construir suas relações.

A aprendizagem será a variação de comportamento ao longo de seu viver, que ocorrerá em função da necessidade de acoplamento estrutural do aluno com a simulação social, considerando sua história e possíveis, ou eventuais, interações entre eles. Ao interagir com uma simulação social o aluno irá se adaptar para que possa produzir alterações, ao produzir alterações o sistema também produzirá alterações nele em um interjogo entre ação e experiência no qual se constrói a aprendizagem.

Para poder elaborar a pergunta de como compreender o social em uma sociedade de agentes podemos partir da própria ontogenia do aluno, ou partir de concepções de social. Nesse trabalho a delimitação do domínio sociológico, enquanto domínio de conhecimento, teve por finalidade identificar algumas concepções que podem servir de ponto de partida para o questionamento. A questão deve ser formulada de forma que o aluno enxergue na concepção social o que se espera observar na simulação. Podem ser utilizadas para construir as expectativas dos alunos do que se espera responder.

O conhecer será a descoberta das interações que conduzem aos resultados esperados, ou, às características do operar desse sistema de agentes. O conhecer é o processo, o caminho e não só o resultado. Ao elaborar as relações que levam ao resultado o aluno altera sua configuração interna e forma uma compreensão sistêmica que lhe permitirá tratar situações complexas. É um adaptar, que, no dia-a-dia se reflete em pensamento estratégico e na elaboração de valores sociais, que podem ser usados quando se pensa na estrutura de outras sociedades para além do social dos agentes. É o aprender do aprender social.

Os ganhos de informatização associados ao mecanismo de interação para promoção de aprendizagens fundamentada na Biologia do Conhecer, nos permitem concluir que as Sociedades Artificiais, projetadas para uso em informática educativa, são sistemas computacionais que transcendem os ganhos atuais obtidos na área, por permitirem simulação

de interação social complexa não determinista e por permitirem a interação pró-ativa do aluno com o sistema.

6.4. Quanto aos Aspectos de Implementação

A implementação do sistema pode ser realizada tanto a partir da modelagem computacional baseada em componentes de idéias clássicas de conhecimento quanto a partir das modelagem computacional das concepções da Biologia do Conhecer, desde que sigam os requisitos do modelo aqui apresentados. A fundamentação da Biologia do Conhecer garante, por se tratar de domínios diferentes, independente da implementação, que as características da teoria da informação não afetam o domínio de utilização fundamentado na Biologia do Conhecer.

A implementação a partir das idéias clássicas do conhecimento é mais simples por já existirem tecnologias desenvolvidas a partir desses mesmos pressupostos. A facilidade está no fato de que essas tecnologias são baseadas na teoria da informação, assim como muitos conceitos do conhecimento clássico. A dificuldade estaria na integração dos componentes de tal forma que permitissem a elaboração de uma ambiente de simulação social baseado em acoplamentos estruturais.

A implementação a partir das concepções da Biologia do Conhecer permitiria a elaboração do ambiente de simulação social com menos esforço. Porém, haveria a necessidade de se criar uma camada de interface com as tecnologias de informática que ocultassem o determinismo dessas tecnologias. Isso não significa que é necessário a criação de uma nova camada classificada como camada de Sociedades Artificiais.

A concepção de modelo aqui apresentada facilita essa abordagem. A própria concepção da arquitetura e do modelo são baseados nos princípios de acoplamento estrutural, que intuitivamente vêm sendo implementado em tecnologias de IA e de computação gráfica.

Independente da abordagem de implementação, ela despenderá muita energia devido ao grau de complexidade de utilização de tecnologias de desenvolvimento. A utilização de linguagens de programação, de ferramentas de criação de interface, mesmo que de última geração, não é nada trivial. A implementação dependeria de linguagens portáteis como o Java, de bibliotecas de componentes de IA que estivessem sob licença de software livre, de ferramentas de programação visual, de aplicativos que permitissem a criação de imagens tanto em 2D quanto em 3D, sendo que, a implementação em 3D facilitaria a questão da identidade entre o agente e o aluno.

Apesar de ainda não existir uma implementação segundo o modelo aqui sugerido, podemos utilizar sistemas multiagentes disponíveis no mercado para, a partir de seus recursos, adaptar o mecanismo de interação aqui discutido. Porém, isso requer certo grau de criatividade e atenção, para manter o foco nos princípios que possibilitam o aprendizado discutido nesse trabalho.

O principal cuidado que se deve tomar é com o paradigma que fundamenta a compreensão de realidade de profissionais da área da computação. Profissionais de informática são preparados para solucionar problemas e alcançar resultados a partir de métodos de otimização e de ganho de desempenho. São capazes de encontrar a maneira de se resolver um problema da forma mais rápida e objetiva. Mas isso não pode ser transferido para

o domínio de utilização do sistema. Para educação o que importa não é somente o resultado alcançado, mas também o processo construído por cada um para se chegar a algum resultado.

6.5. Resultados Alcançados

A contribuição deste trabalho é a produção de material teórico sobre a aplicabilidade de tecnologia de Sociedades Artificiais em informática educativa. Para tanto procurou-se demonstrar que:

1. sua aplicação é capaz de transcender os ganhos atuais, através da associação de tecnologias informática com um mecanismo de interação baseado na Biologia do Conhecer.
2. a simulação social nesse ambiente promove uma intervenção de aprendizagem da noção de interações sociais e do comportamento social resultante da interação entre agentes, contribuindo para a formação do pensamento estratégico e para elaboração de valores sociais que interferem na tomada de decisão em ambientes sociais.

Ao longo da pesquisa, o estudo contribuiu não somente por apresentar um mecanismo de interação capaz de promover aprendizagem quando da utilização de Sociedades Artificiais, ou por apresentar sugestões de aperfeiçoamento na modelagem dessa tecnologia para utilização na educação, mas também por apresentar uma avaliação do estado atual de utilização dos recursos de informática educativa.

No percurso da busca de bases tecnológicas e teóricas que fundamentassem a hipótese, contribuiu com:

1. a elaboração de uma análise dos ganhos promovidos pelo uso de tecnologia em informática educativa;
2. a sugestão de identificadores que permitem classificar o tipo de ganho promovido pelo uso de tecnologia de informática;
3. com a avaliação de programas e sistemas, disponíveis no mercado, que permitem a elaboração de simulação social baseados na concepção de Sociedades Artificiais;
4. com a identificação e definição do tipo de aprendizagem que pode ser explorado a partir da interação pró-ativa com ambientes de simulação social baseados em Sociedades Artificiais;
5. com a identificação e imersão na teoria da Biologia do Conhecer que fundamentou a elaboração do mecanismo capaz de produzir aprendizagem utilizando Sociedades Artificiais;
6. com a proposta dos requisitos para a arquitetura e o modelo de Sociedades Artificiais que sugere mudanças na tecnologia para utilização na educação;
7. com a retomada de conceitos de aprendizagem, juntamente com a imersão em idéias clássicas sobre o conhecimento e com a delimitação do domínio do sociológico, apontando para a sua relevância como referencial teórico tanto para justificativa da escolha da fundamentação teórica adotada, quanto para referência conceitual a ser considerada na modelagem computacional do sistema;
8. com a delimitação de requisitos importantes que devem ser considerados no processo de modelagem computacional de Sociedades Artificiais quando pensada para educação.

Esse conjunto de conceitos constitui uma ontologia da simulação social computacional na educação que servirá tanto para orientar a utilização da tecnologia quanto seu desenvolvimento.

6.6. Trabalhos Futuros

Sugere-se, a partir deste, como trabalhos futuros, a elaboração da arquitetura propriamente dita, assim como a construção do modelo apresentado, e a realização de pesquisas, em grupos específicos que venham a utilizar tal tecnologia e mecanismo, que constatem, ou contestem, os ganhos de aprendizagem aqui defendidos. Espera-se que essa tecnologia possa ser utilizada em pesquisas de aprendizagem de comportamentos sociais específicos, como aqueles identificados em teorias sociais como as apresentadas na sessão 4.3, O domínio sociológico como um domínio de conhecimento, página 84.

O estudo de Sociedades Artificiais também pode ser utilizado juntamente com pesquisas de Tutores Inteligentes. Nesse contexto, os Tutores podem vir a interagir socialmente, caracterizando uma Sociedade Artificial na qual a infraestrutura do ambiente social é a Internet. Em EAD podem ser implementadas como alternativa de ferramenta a ser disponibilizada pela rede.

As pesquisas também podem ser aplicadas em robótica. Neste contexto, o ambiente é o próprio ambiente natural, enquanto que a interação social pode acontecer tanto entre robôs quanto entre robôs e humanos. A partir desse ambiente pode-se estudar quais as influências no processo de educação quando o aluno está inserido concretamente em um ambiente de simulação social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDLER, Daniel. **Introduction to Cognitive Sciences**. São Leopoldo : Unisinos, 1998.
- BARONE, D. A. C. et. al. **Sociedades Artificiais: a nova fronteira da inteligência nas máquinas**. Porto Alegre : Bookman, 2003.
- BATESON, Paul Patrick Gordon. **Projeto da vida**. Rio de Janeiro : Ediouro, 2000.
- CHAUÍ, Marilena. **Convite à Filosofia**. São Paulo : Editora Ática, 2002.
- CHEONG, Fah-Chun. **Internet Agents: Spiders, Wanderers, Brokers, and Bots**. Indianapolis, Indiana : New Riders, 1996.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. São Paulo : McGraw-Hill, 1978.
- CHRIS, Maraffi. **Criação de personagens com Maya: controles de modelagem e animação**. Rio de Janeiro : Editora Ciência Moderna Ltda., 2004.
- COHEN, Philip. Levesque, Hector. **Communicative Actions for Artificial Agents**. In: Software Agents. Cambridge, Massachusetts : The MIT Press, 1997. p. 419 a 436.
- DAMÁSIO, António. **O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano**. São Paulo : Companhia das Letras, 1996.
- DAMÁSIO, António. **O mistério da consciência: do corpo e das emoções ao conhecimento de si**. São Paulo : Companhia das Letras, 2000.
- DE DUVE, Christian. **Poeira Vital: a vida como imperativo cósmico**. Rio de Janeiro : Campus, 1997.
- DUCASSE, Stéfhane. **Squeak : learn programing with robots**. New York : Springer-Verlag, 2005.
- DURKHEIM, Émile. **As regras do método sociológico**. São Paulo : Martin Claret, 2003.
- EYSENCK, Michael W. **Psicologia Cognitiva: um manual introdutório**. Porto Alegre : Artes Médicas, 1994.
- FININ, Tim. Labrou, Yannis. Mayfield, James. **KQML as an Agent Communication Language**. Cambridge, Massachusetts : The MIT Press, 1997. p. 291 a 315.
- GARRIDO, Suzane; Behar, Patricia; Silva, Henrique O da; Schonwald, Susana. **Computing in education and neuroscience: analysis of a model**. Washington : SALT, 2005.
- GOLDBARG, Marco Cesar. **Otimização Combinatória e Programação Linear**. Rio de Janeiro : Campus, 2000.
- IZQUIERDO, Iván. **Memória**. Porto Alegre : Artmed, 2002.

KNAPIK, Michael. Johnson, Jay. **Developing Intelligent Agents for Distributed Systems**. McGraw-Hill, 1998.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo : Perspectiva, 1975.

LAKATOS, Eva Maria. **Sociologia Geral por Eva Maria Lakatos**. 4 ed. São Paulo : Atlas, 1982.

MAES, Pattie. **Modeling Adaptive Autonomous Agents**. Cambridge, Massachusetts : MIT Media-Laboratory, 1997.

MAES, Pattie. **Agents that Reduce Work and Information Overload**. Cambridge, Massachusetts : The MIT Press, 1997. p. 145 a 164

MARX, Melvin H.; Hillix, William A. **Sistemas e Teorias em Psicologia**. 13 ed. São Paulo : Cultrix, 1973.

MATURANA, Humberto R.; Varela, Francisco J. **De máquinas e seres vivos: autopoiese - a organização do vivo**. Porto Alegre : Artes Médicas, 1997.

MATURANA, Humberto R. **A ontologia da realidade**. Belo Horizonte : UFMG, 1997 (impressão 2002).

MATURANA, Humberto R. **Da biologia à Psicologia**. Porto Alegre : Artes Médicas, 1998.

MATURANA, Humberto R.; VARELA, Francisco J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. Tradução: Humberto Mariotti e Lia Diskin. 2. ed. São Paulo : Palas Athena, 2001.

MAXIMIANO, Antônio Cesar Amaru. **Teoria Geral da Administração: da revolução urbana à revolução digital**. 4. ed. São Paulo : Atlas, 2004.

MILLER, Geoffrey F. **A Mente seletiva: como a escolha sexual influenciou a evolução da natureza human**. Rio de Janeiro : Campus, 2000.

MORIN, Edgar. **O método 3 – o conhecimento do conhecimento**. Tradução: Juremir Machado da Silva. 2. ed. Porto Alegre : Sulina, 1999.

MORIN, Edgar. **O método 4 – as idéias**. Tradução: Juremir Machado da Silva. 3. ed. Porto Alegre : Sulina, 2002.

MURCH, Richard. Johnson, Tony. **Intelligent software agents**. Prentice-Hall, 1998.

PENROSE, Roger. **A mente nova do rei: computadores, mentes e s leis da física**. Tradução: Waltensir Dutra. Rio de Janeiro : Campus, 1993.

PINKER, Steven. **Como a mente funciona**. Tradução: Laura Teixeira Motta. São Paulo : Companhia das Letras, 1998.

ROHMANN, Cris. **O livro das Idéias: pensadores, teorias e conceitos que formam nossa visão**. 2. ed. Rio de Janeiro : Campus, 2000.

RUSSEL, Stuart J.; Norvig, Peter. **Inteligência Artificial**. 2. ed. Rio de Janeiro : Elsevier, 2004.

SALVADOR, César Coll ...[et al.]. **Psicologia do ensino**. Tradução: Cristina Maria de Oliveira. Porto Alegre : Artes Médicas Sul, 2000.

SILVA, Henrique O. da. Barone, Dante Augusto Couto. Maraschin, Cleci. Sociedades Artificiais: **Repensando o Desenvolvimento de Ambientes de Ensino-Aprendizagem**. WTIAE. Buenos Aires, Argentina : CACIC, 2004. p. 1003 a 1013

STERNBERG, Robert J. **Psicologia Cognitiva**. Tradução: Maria Regina Borges Osório. Porto Alegre : Artes Médicas Sul, 2000.

TAPSCOTT, Dom. **Economia Digital**. São Paulo : Makron Books, 1997.

TREFIL, James. **Somos diferentes? Um cientista explora a inteligência ímpar da mente humana**. Rio de Janeiro : Rocco, 1999.

VALERIANO, Dalton L. **Gerência de Projetos – pesquisa, desenvolvimento e engenharia**. São Paulo : Pearson Makron Books, 1998.

WHITE, James E. **Mobile Agents. In: Software Agents**. Cambridge, Massachusetts : The MIT Press, 1997. p. 437 a 471

WÜLFING, Juliana. Do Estado à Sociedade sem Estado. **Diritto & Diritti - Rivista giuridica elettronica pubblicata su Internet**. Disponível em: <www.diritto.it/archivio/1/20769.pdf>. Acesso em: 24 de abril de 2006.

ANEXO 1

PESQUISA: UTILIZANDO O SOFTWARE SIMULA EM EDUCAÇÃO

Questionário Inicial

Nome:

Formação:

Atividade Profissional:

Idade:

1. Em um ambiente social existem pessoas saudáveis, pessoas contaminadas com um vírus e centros de tratamento. Que interações seriam possíveis entre estas entidades?
2. Dadas as interações das entidades acima citadas, com o passar do tempo, que situações poderiam ser imaginadas como futuro da sociedade?
3. Que fatores contribuiriam para agravar ou evitar as situações descritas na resposta anterior?