



UNICAMP

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Engenharia Elétrica e de
Computação

LCSI

Departamento de Máquinas, Componentes e
Sistemas Inteligentes

**Laboratório de Controle e Sistemas In-
teligentes**

**ECOLIG - O PROTOCOLO SEMIÓTICO
PARA COMUNICAÇÃO HOMEM-MÁQUINA
QUE UTILIZA INTERFACES DO TIPO
CÉREBRO-COMPUTADOR**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação
da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos
exigidos para a obtenção do título de

Doutor em Engenharia Elétrica
por

Paulo Victor de Oliveira Miguel

Mestre em Engenharia Elétrica - UNICAMP/SP

Prof. Dr. Gilmar Barreto

Orientador - FEEC/UNICAMP/SP

30 de Julho de 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

M588e Miguel, Paulo Victor de Oliveira
ECOLIG - O protocolo semiótico para comunicação
homem-máquina que utiliza interfaces do tipo cérebro-
computador / Paulo Victor de Oliveira Miguel. --
Campinas, SP: [s.n.], 2010.

Orientador: Gilmar Barreto.

Tese de Doutorado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de
Computação.

1. Sistemas homem-máquina. 2. Educação a
distância. 3. Realidade aumentada. 4. Semiótica. 5.
Comunicação. I. Barreto, Gilmar. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica
e de Computação. III. Título.

Título em Inglês: ECOLIG - The semiotic protocol for human-machine communication
that uses brain-computer interfaces

Palavras-chave em Inglês: Man-machine system, E-Learning, Augmented reality,
Semiotic, Communication

Área de concentração: Automação

Titulação: Doutor em Engenharia Elétrica

Banca examinadora: Rosana Giaretta Sguerra Miskulin, Clênio Figueiredo Salviano,
Luiz Carlos Kretly, Carlos Alberto Favarin Murari

Data da defesa: 30/07/2010

Programa de Pós Graduação: Engenharia Elétrica

COMISSÃO JULGADORA - TESE DE DOUTORADO

Candidato: Paulo Victor de Oliveira Miguel

Data da Defesa: 30 de julho de 2010

Título da Tese: "Ecolig - O Protocolo Semiótico para Comunicação Homem-Máquina que Utiliza Interfaces do Tipo Cérebro-Computador"

Prof. Dr. Gilmar Barreto (Presidente):

Gilmar Barreto

Dr. Clênio Figueiredo Salviano:

Clênio Figueiredo Salviano

Profa. Dra. Rosana Giaretta Squerra Miskulin:

Rosana Giaretta Squerra Miskulin

Prof. Dr. Luiz Carlos Kretly:

Luiz Carlos Kretly

Prof. Dr. Carlos Alberto Favarin Murari:

Carlos Alberto Favarin Murari



UNICAMP

Universidade Estadual de Campinas

LCSI Faculdade de Engenharia Elétrica e de
Computação
Departamento de Máquinas, Componentes e
Sistemas Inteligentes
**Laboratório de Controle e Sistemas In-
teligentes**

Tese : **ECOLIG - O PROTOCOLO SEMIÓTICO PARA
COMUNICAÇÃO HOMEM-MÁQUINA QUE UTILIZA
INTERFACES DO TIPO CÉREBRO-COMPUTADOR**

Autor : **Ms. Paulo Victor de Oliveira Miguel**

Orientador : **Prof. Dr. Gilmar Barreto**

Avaliada em 30 de Julho de 2010 pela banca examinadora:

- Prof. Dr. Gilmar Barreto – FEEC – UNICAMP (Presidente)
- Prof. Dr. Clênio Figueiredo Salviano – DMPS – CTI
- Prof. Dr. Rosana Giaretta Sguerra Miskulin – IGCE – UNESP
- Prof. Dr. Luiz Carlos Kretly – FEEC – UNICAMP
- Prof. Dr. Carlos Alberto Favarin Murari – FEEC – UNICAMP

Campinas, SP
2010

Resumo

O cheiro, as cores, o gosto e muitos outros sinais podem ajudar uma pessoa a compreender um fenômeno. Os sentidos são utilizados para ampliar a percepção humana no caminho da formação do conhecimento. Assim, a interface com o usuário pode melhorar a qualidade e a eficiência de um projeto “*E-Learning*”, uma vez que pode representar uma informação a ser assimilada ou transmitida. Para desenvolver o ECOLIG, um protocolo semiótico capaz de compartilhar o espaço interno de recursos ativos, este trabalho propõe o uso de interfaces híbridas e dispositivos sem fio para interagir com dispositivos elétricos, como equipamentos eletrônicos ou transdutores iônicos. Este protocolo de comunicação, que encapsula seqüências de formação do conhecimento, deve ser utilizado de forma a tornar coerentes as relações Objeto-Signo e Objeto-Interpretante. Conclui ainda que, aprender a compartilhar o espaço interno pode ser um dos grandes desafios na utilização das redes de processamento de recursos para a criação estruturada de processos semióticos em busca da transferência eficiente da informação em aplicações dos tipos “*e-learning*”, automação e robótica dentre outras.

Palavras-chave: Sistemas Homem-Máquina, Educação a Distância, Realidade Aumentada, Semiótica, Comunicação.

Abstract

The smell, the color, the taste and many others signs can contribute to someone understand a phenomenon. Those set of feelings are used to improve the human perception as part of knowledge path. In this way, the user interface can improve the quality and efficiency of an E-Learning project, since it can represent some information to be assimilated or transmitted. To develop the ECOLIG, a semiotic protocol, able to share the internal area of active resources, this work proposes the use of hybrid interfaces and wireless devices to interact with electrical resources, as electronic equipments or ionic transducers. This communication protocol, which encapsulates the path of knowledge, should be used to make Object-Sign and Object-Interpreter, consistent relations. Finally, learn how to share the internal space can be a great step to the knowledge transmission using the development of a systematic semiotic protocol with e-learning, automation, robotics and others applications.

Keywords: Man-Machine System, E-Learning, Augmented Reality, Semiotic, Communication.

Agradecimentos

Agradeço a minha família, meus Pais, minha Esposa e meus Filhos, que tudo fizeram para que eu pudesse concluir com sucesso os trabalhos aqui desenvolvidos.

Ao meu amigo, grande profissional e orientador Prof. Dr. Gilmar Barreto que, na ardorosa função de ensinar, sempre conseguiu reunir paciência, estratégia e sabedoria para que eu pudesse alcançar os objetivos deste trabalho.

Aos colegas professores do COTUCA e da FEEC da UNICAMP; aos colegas pesquisadores do CTI; aos colegas da USP em especial à Dra. Munira Baqui da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, FMRP-USP, Depto de Biologia Celular e Molecular da USP de Ribeirão Preto que me incentivaram e apoiaram na evolução dos estudos e das pesquisas que iluminaram os caminhos filosóficos e científicos para solução de muitas das dificuldades encontradas.

Aos pesquisadores do CNRS “Centre National de la Recherche Scientifique”, em conjunto com o “Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes” (IRCCyN) que apoiaram os desenvolvimentos e as pesquisas deste trabalho.

Ao consórcio EUBRANEX que investiu no intercâmbio cultural entre o Brasil e a Europa em busca da integração da comunidade científica e como promotor do desenvolvimento social e cultural destes países.

À empresa IM Corp Ltda que juntamente com o FAEPEX financiaram parte dos equipamentos utilizados nos testes de validação deste trabalho.

Aos demais amigos e colegas de pós-graduação, pelas críticas, sugestões e todo o incentivo que representaram energia extra nos momentos mais difíceis.



O Homem evoluiu sua consciência científica utilizando-se principalmente de artefatos, da capacidade de observação, da organização e da combinação de padrões. A comunicação e a idéia de tempo, no entanto, mudaram sua trajetória de evolução acrescentando memórias e valores únicos entre as espécies. Com a capacidade de medir ou contar e de se comunicar, obteve-se a idéia da quantidade de uma vida e desta, as mais complexas relações humanas como o trabalho, a educação e suas divisões sociais além de sentimentos sofisticados como a ansiedade, a curiosidade, a aflição, a paciência e outros elementos fundamentais para a pesquisa científica.

Sumário

Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xix
Lista de Equações	xxi
Lista de Definições e Teoremas	xxiii
Lista de Algoritmos	xxv
Glossário	xxvii
Trabalhos Publicados	xxxix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Contexto	1
1.2 Motivação	4
1.3 Objetivo	7
1.4 Estrutura da Tese	8
1.5 Conclusão deste capítulo	12
2 Estado da Arte	13
3 CONSCIÊNCIA E PERCEPÇÃO	17
3.1 <i>UMWELT</i>	24
3.1.1 Heteronomia e Autonomia	43
3.1.2 Meta-interpretações	45
3.1.3 A Epigenética e a herança de características adquiridas	48
3.1.4 Os processos sógnicos e mecânicos na relação Homem-Máquina	57
3.1.5 Um código para a Semiose de Comunicação	60
3.1.6 O Interior e o Exterior Semiótico	62
3.2 Semiosfera	64
3.3 Ecossistemas Dinâmicos	77
3.4 Conclusão deste capítulo	96
4 A INFORMAÇÃO e o CONHECIMENTO	97
4.1 Estrutura do Conhecimento	102
4.2 Codificação de um Conhecimento Específico	117

4.2.1	A Sequência de Formação do Conhecimento	117
4.2.2	Sistemas Dinâmicos	127
4.2.3	Teoria da Medida	129
4.2.4	Medidas Invariantes	132
4.2.5	Teorema Ergódico de Birkhoff	133
4.2.6	Entropia	136
4.2.7	Autômatos	137
4.2.8	Autômatos Adaptativos	147
4.2.9	AA e Algoritmos Sintáticos	151
4.2.10	Redes <i>Bayesianas</i>	157
4.3	Transferência do Conhecimento	173
4.4	Conclusão deste capítulo	183
5	O PROTOCOLO ECOLIG	187
5.1	Os Elementos do Protocolo	187
5.2	O Conceito Principal	190
5.3	Estrutura do Protocolo	192
5.4	As Primitivas Sensoriais	197
5.5	Interface Homem-Máquina	214
5.6	O Ambiente de Desenvolvimento	215
5.7	Estudo de Casos	222
5.7.1	Processo de Treinamento	222
5.7.2	Navegabilidade em dispositivo móvel	236
5.7.3	Usabilidade WEB	246
5.8	Conclusão deste capítulo	257
6	CONCLUSÕES	261
7	TRABALHOS FUTUROS	267
	Referências Bibliográficas	269
A	Procedimentos e Questionários	285
B	Algoritmos	293
C	Subconjunto de Recomendações do Protocolo ECOLIG	325

Lista de Figuras

1.1	Relacionamento de Recursos	6
1.2	Apresentação da dissertação	10
3.1	Lei de Weber-Fechner	28
3.2	Probabilidade, conhecimento ou ignorância?	34
3.3	Sinais, Signos e Objetos	41
3.4	Hermenêutica de uma obra de arte	46
3.5	Árvore fitogenética da espécie humana	49
3.6	Volume de informação digital em 5 anos	50
3.7	Círculo Funcional de Uexküll	53
3.8	A biossemiose	54
3.9	Tegumento habitável e um modelo de supervisão	55
3.10	Analogia à teoria de sistemas	56
3.11	Semiosfera vista por Lotman	65
3.12	Homem Vitruviano de Da Vinci	77
3.13	O segmento áureo	78
3.14	O modelo da causalidade	82
3.15	A dualidade na hierarquia do grau de liberdade	83
4.1	Modelo de um Sistema Aberto	101
4.2	Estratégia educacional dinâmica e flexível	102
4.3	Sinais, Signos e Objetos	109
4.4	Teoria da Mente Objetiva	115
4.5	Círculo Funcional Elementar	119
4.6	O CFE constitui-se o diagrama fundamental de uma infraestrutura inteligente	126
4.7	As linguagens segundo a hierarquia de Chomsky	144
4.8	O modelo de um autômato finito	147
4.9	O modelo de um autômato adaptativo	148
4.10	Primitivas	152
4.11	Autômato que reconhece triângulos	153
4.12	Estrutura de informação para mapeamento e navegação	154
4.13	(a) Autômato de mapeamento. (b) Detalhe dos “tags” especiais	155
4.14	(a) Exemplo da informação proveniente dos sensores: duas direções obstruídas e duas livres. (b) Expansão do lado com movimento para o Norte	156
4.15	Exemplo do mapeamento de uma sala em “L”	157
4.16	Vizinhança no movimento exploratório	158

4.17	<i>Landmarks</i> utilizados no mapeamento de um ambiente	159
4.18	(a) Exemplo de dois estados marcados como “ <i>Landmarks</i> ”. (b) Espaço coberto pela sequência gerada	160
4.19	Formas de conversão de conhecimento	178
4.20	Espiral do conhecimento de Nonaka e Takeuchi	179
4.21	Espiral do conhecimento organizacional de Nonaka e Takeuchi	180
5.1	Camadas Peirceanas	190
5.2	Ilustração sobre o uso da ICC	193
5.3	EEG - Tela do programa Malica da TEAC Corporation	194
5.4	Sinais de formação do protocolo ECOLIG	195
5.5	Figuras desenhadas em cavernas por povos primitivos	196
5.6	Rotação de uma pirâmide de 3 faces	200
5.7	Estruturas Neurais Típicas: Sensorial e Motor	202
5.8	Eletro-gênese dos sinais neurais	204
5.9	Estruturas do Cérebro	206
5.10	Sistema Internacional 10/20	209
5.11	Características de Algumas Ondas Cerebrais	218
5.12	Tensão de referência-Reg. de Aproximações Sucessivas-SAR/ADC	219
5.13	Efeito da aplicação da Decimação	219
5.14	Efeito da remoção de picos e distorções	219
5.15	Efeito da aplicação da aproximação por degraus	220
5.16	Ambiente de Desenvolvimento	220
5.17	Plataforma para Dispositivos Móveis	221
5.18	Interface Cérebro Computador da EMOTIV	221
5.19	Treinamento Cognitivo - Movimento p/ Frente	229
5.20	Treinamento de Expressão - Olhos p/ a Esquerda	230
5.21	Treinamento Cognitivo - Movimento p/ Trás	231
5.22	Treinamento de Expressão - Olhos p/ a Direita	231
5.23	Tela do Eclipse, Ambiente de Desenvolvimento Integrado	239
5.24	Tela principal do Emulador de Dispositivo Móvel	240
5.25	Tela do Emulador com Android e Google Maps	241
5.26	Package Ecolig.hellomapview executado sobre Android	242
5.27	Ícone de seleção da aplicação EcoligMapView	243
5.28	Emulador executando a atividade principal do EcoligMapView	244
5.29	Tela do emulador com recursos gráficos	245
5.30	Operação de “Zoom In” através do protocolo ECOLIG	246
5.31	Coordenadas iniciadas no prédio da FEEC-UNICAMP	247
5.32	Avanço de 10 vezes na escala de aproximação	248
5.33	Ícones de acesso à funcionalidades musicais	249
5.34	Navegando com o uso do protocolo ECOLIG	250
5.35	Navegador sugere páginas previamente utilizadas	251
5.36	Página desejada pelo operador	252
5.37	O conceito dinâmico de uma metalinguagem	253
5.38	Método PDCA para melhoria de processos	253
5.39	Monitores miniaturizados e utilizados mais próximos do corpo	254

5.40	Lentes nano-eletrônicas que fornecem e recebem informações	255
5.41	Visão ampliada, também quanto à informação seletiva	256
5.42	Um navegador em tempo real com suporte à informação seletiva . . .	257

Lista de Tabelas

4.1	Tabela de Probabilidades	161
4.2	Tabela Conjunção de Probabilidades	162
4.3	Aplicando a Regra de Bayes	162
4.4	Tabela de Probabilidades Condicionais	168
4.5	Conhecimento tácito X explícito	176

Lista de Equações

3.1	Quantidade total de informação do sistema	81
3.2	Nível de integração do sistema (Mede entropia perdida)	89
3.3	Complexidade do sistema (Somatória das entropias)	89
4.1	Função finitamente aditiva	130
4.2	Limite da função finitamente aditiva	131
4.3	Medida invariante	132
4.4	Medida invariante para fluxos	132
4.5	Frações de iterados de um conjunto	134
4.6	Frações de iterados de um conjunto mensurável	135
4.7	Tempo médio de permanência da órbita	135
4.8	Tempo médio de permanência em μ -quase todo ponto	135
4.9	Tempo médio de permanência de uma função de x	135
4.10	Descrição de um sistema dinâmico	138
4.11	Descrição de um sistema invariante	140
4.12	Matriz binarizada de um triângulo	151

Lista de Definições e Teoremas

4.0	Definição de álgebra de subconjuntos	129
4.0	Definição de σ -álgebra	129
4.0	Definição de espaço mensurável	130
4.0	Definição da menor σ -álgebra	130
4.0	Definição da σ -álgebra de Borel	130
4.1	Definição de espaço de medida	131
4.1	Teorema da extensão	131
4.2	Teorema da σ -aditividade	131
4.2	Teorema da aproximação	131
4.2	Definição de quase em toda parte	131
4.9	Teorema decorrente da teoria ergódica	135
4.10	Definição de objeto matemático que descreve um sistema dinâmico	138
4.10	Definição de sistema dinâmico contínuo no tempo	139
4.10	Definição de sistema dinâmico discreto	140
4.10	Definição de sistema invariante	140
4.11	Definição de sistema dinâmico discreto	140
4.12	Teoria p/ tomada de decisão c/ base nas probabilidades	159
4.12	Axioma da probabilidade incondicional	160
4.12	Axioma da probabilidade condicional	161

Lista de Algoritmos

1	package piramide3D.svg;	296
2	package piramidecolig.svg;	297
3	package EcoligSignosCognitivos;	298
4	package void sendCognitivAnimation;	304
5	package void handleCognitivEvent;	305
6	package bool handleUserInput;	307
7	package EcoligSignosExpressao;	309
8	package void sendExpressivAnimation;	314
9	package void handleExpressivEvent;	318
10	package bool handleUserInput;	320
11	package EcoligMapView Manifest;	322
12	package EcoligMapView Main;	323
13	package ecoligmapview extends MapActivity ;	324

Glossário

ADC	– Analog Digital Converter.
BCI	– Brain-Computer Interface.
CMS	– Common Mode Sense.
CMRR	– Common-Mode Rejection Ratio.
DC	– Direct Current.
DRL	– Driven Right Leg.
EAT	– Emotions Assessment Tool.
EDR	– Electrodermal response.
EEG	– Electroencephalograph.
fMRI	– Functional Magnetic Resonance Imaging.
GSR	– Galvanic Skin Response.
IAPS	– International Affective Pictures System.
ICC	– Interface Cérebro Computador.
LED	– Light Emitting Diode.
MEG	– Magnetoencephalography.
Auto-organização	– Descreve os parâmetros que regem a organização interna (estrutural) de um sistema. De acordo com H.Haken, os elementos do sistema são sincronizados por estes parâmetros [Hak06].

- Estrutura – Do latim “*structura*” e do verbo “*struere*”, construir, juntar, formando “ordem”, é utilizado no sentido da definição latina, ou seja como plano arquitetônico de um edifício, como ordenamento dos órgãos de um corpo ou como relação coerente entre palavras e ideias de um discurso, etc. Em última instância podemos dizer que a característica do conceito de estrutura se baseia na maneira como os seus elementos se ligam e relacionam.
- Substância – Em geral é entendido como “a natureza de uma coisa”, de maneira que a estrutura indica a organização e a substância o caráter do sistema considerado. Por exemplo, a estrutura da água se refere a forma de organização das moléculas de água e a substância descreve suas características físico-químicas.
- A Fronteira Estrutural – É a fronteira ou o limite do espaço físico da estrutura. Esta distinção é fundamental para dar ênfase ao fato de que um sistema aberto tem semelhança as partículas da física, um duplo caráter de corpo (Estrutural) e de campo (Sistema). “Fronteiras Estruturais” emergem quando um determinado número de partes começa a agir (movimentar-se) de forma coerente, formando uma unidade estrutural e uma fronteira entre o “espaço interno” e o “espaço externo” da nova estrutura emergente. Esta fronteira possui características e funções específicas: por um lado ela é a interface intermediadora da troca de energia entre as dimensões micro e macroscópicas do sistema e por outro lado, assume uma função protetora para a manutenção da coerência das partes e de uma superfície sensorial. Um exemplo é a pele de organismos ou do ser humano. Como a acupuntura demonstra, praticamente todos os órgãos do nosso corpo são representados por pontos específicos, localizados na nossa pele. A fronteira estrutural dá a dimensão microscópica de um sistema, a forma, a “*gestalt*”, e é o principal plano de referência do sistema e constitui o nível mesoscópico do sistema.

A Fronteira de Sistema – É a fronteira que necessariamente inclui o campo de interação. No caso de interações entre sistemas, qualquer que seja sua natureza, o quadro semântico sempre se situa na dimensão mesoscópica dos sistemas em interação. O mesmo ocorre com nossa aproximação empírica aos sistemas: ela é ligada a uma dimensão de referência, que aparentemente sempre é situada “no meio”, no nível mesoscópico. Assim, nossos parâmetros de descrição e observação são ligados a uma dimensão espaço-temporal definida e as dimensões complementares (micro e macroscópico) se tornam difusas (fuzzy). A “Fronteira do Sistema” é mais ampla e mais difusa. Por exemplo, a membrana de uma célula (a fronteira estrutural) pode ser definida com precisão do ponto de vista espacial. Ao contrário, o campo de interação desta célula encerra todo o espaço externo que de alguma maneira foi transformado e utilizado pela célula durante sua vida. Assim, as fronteiras do campo de interação não representam um espaço geométrico preciso, apesar de ser um conceito com um claro aspecto espacial.

- Evolução
- A evolução de um sistema aberto e auto-organizado, é vinculada a dois conceitos cuja relação é cronológica: o “campo de emergência” e o “campo de interação”. Enquanto campo de emergência precede e reúne as condições de uma emergência, o campo de interação é a consequência histórico-evolutiva desta nova coerência. O campo de emergência designa uma determinada “região”, num espaço de fase, na qual a emergência de uma nova coerência entre partes diferentes é potencialmente possível. Neste campo existem as condições necessárias para a emergência de uma nova estrutura (ordem de elementos). Vejamos uma analogia: No ovo (campo de emergência) se desenvolve um embrião, a nova estrutura. Na medida em que a estrutura se consolida e cresce, ela cria seu campo de interação, inicialmente dentro do corpo materno, posteriormente no seu ambiente concreto de vida. O campo de emergência reúne os parâmetros determinantes de uma nova emergência, enquanto o campo de interação é um produto da interação entre a estrutura emergente e seu entorno relevante. Podemos dizer que o campo de interação é a expressão da liberdade de um sistema, ou seja, o grau de capacidade de um sistema de transformar seu ambiente relevante de acordo com sua própria necessidade energético-material, que por seu lado é consequência de sua organização estrutural.
-

Trabalhos Publicados

1. Barreto, G.; Murari, C.E.F.; Miguel, P.V. – “Didactic Videos about Basic Concepts on Alternating Current Circuits” *International Journal of Online Engineering, iJOE 2010-Vol , No , pg (2010)*.
2. Barreto, G.; Murari, C.E.F.; Miguel, P.V. – Paper ID: 1108, “Didactic Videos about Basic Concepts on Alternating Current Circuits” *IEEE Engineering Education 2010 The Future of Global Learning in Engineering Education, IEEE EDUCON 2010 Madrid, Spain, April 14 a 16, 2010*.
3. Miguel, P.V.; Ismail, S.M.; Barreto, G. – “Ecolig - an E-Learning Protocol” *IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine, IEEE MEEM Vol 4, No 4, pg 127 a 131 (2009)*. <http://www.ewh.ieee.org/soc/e/sac/meem/index.php/meem/article/viewFile/78/70>
4. Barreto, G.; Murari, C.E.F.; Miguel, P.V. – Poster ID: P068-PT, “Aprendizado de Conceitos Básicos em Circuitos de Corrente Alternada através de YOUTUBE” *IADIS International Conference Ibero Americana WWW/INTERNET 2009, Madrid, ES, October 21-23, 2009*. ISBN: 978 972 8924 90 4. http://www.iadis.net/dl/Search_list_open.asp?code=6628
5. Ismail, S.M.; Miguel, P.V.; Barreto, G. – “Um Ambiente Virtual de Aprendizagem que utiliza SMS” *Segundo Seminário de Inovações Curriculares – 2009, Campinas, BR, November 29–01, 2009*. <http://www.unicamp.br/unicamp/divulgacao/2009/12/01/inovacao-curricular-e-tema-de-palestras-e-posteres-por-dois-dias-no-centro-de->
6. Ismail, S.M.; Miguel, P.V.; Barreto, G. – Paper ID: F071-PT, “Um Ambiente virtual de aprendizagem versátil, inclusivo e de baixo custo” *IADIS International Conference Ibero Americana WWW/INTERNET 2009, Madrid, ES, October 21-23, 2009*. ISBN: 978 972 8924 90 4. http://www.iadis.net/dl/Search_list_open.asp?code=6577
7. Miguel, P.V.; Barreto, G. – Paper ID: 26475, “Ecolig - A semiotic protocol that uses neuroheadsets and CP-Nets” *ED-MEDIA 2009–World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, Honolulu, HI, USA, June 22-26, 2009*. <http://www.editlib.org/p/31572>

8. Miguel, P.V.; Barreto, G. – “The Core of a Semiotic Laboratory”. *AACE - Association for the Advancement of Computing in Education. E-Learn 2008, World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare and Higher Education*, Las Vegas - Nevada - USA, Novembro 2008.

9. Miguel, P.V.; Barreto, G. – “Modelo Semiótico Virtual Hierárquico”. *CREAD2008 - Congresso Internacional de Educação a Distância. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca - ENSP/Fiocruz, Nova Southeastern University, Fischler Graduate School of Education and Social Services*, Rio de Janeiro - Brasil, Outubro 2008.

10. Miguel, P.V.; Barreto, G. – “Um Laboratório Virtual de Signos Semióticos”. *COBENGE - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Associação Brasileira de Educação em Engenharia - ABENGE*, São Paulo - Brasil, Setembro 2008.

11. Miguel, P.V.; Barreto, G. – “Laboratório Virtual de Eletrotécnica”. *SBPC 2008 - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência*, São Paulo - Brasil, Julho 2008.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

A formação de conhecimentos complexos a partir do relacionamento de sistemas simples é um processo verificado na natureza que pode ser utilizado na geração de protocolos, interfaces e sensores aplicados à comunicação entre animais. Apesar do homem ser um profundo conhecedor da arte de se comunicar, a interação com suas criações eletrônicas ainda utiliza interfaces lentas como a voz ou as mãos, através de teclados e “*mouses*”. A utilização de interfaces mais rápidas e protocolos mais eficientes pode acelerar a comunicação através dos sensores e com isso ampliar a percepção da mente humana, facilitando o reconhecimento do suposto, contínuo e infinito espaço externo. Estes protocolos podem ainda codificar a sequência de formação do conhecimento através da Semiótica Computacional utilizando os conceitos propostos pela Semiótica Clássica de Peirce [Not96]. A partir da utilização de um conjunto de padrões, codificados neste protocolo, pode-se memorizar a formação de um conhecimento específico mapeado no discreto espaço interno. Ao se utilizar o cérebro para traduzir esta sequência genética do conhecimento, pode-se entender melhor a organização e a formação cognitiva. A utilização destes padrões armazenados sugere ainda a possibilidade de se desenvolver a imaginação artificial onde se busca estimar espaços

externos não conhecidos através de Redes Neurais do tipo MLP (Multi Layer Perceptron) que tem a característica de aproximador universal. Aprender a aprender é uma das artes onde o homem se destacou e utilizou ainda como vantagem competitiva para garantir sua sobrevivência até os dias de hoje. Imediatamente a raça humana identificou neste objetivo a importância de se comunicar, como sendo a ferramenta fundamental para o intercambio de ideias e a consequente troca de suas experiências. Intuitivamente acontecia ali a transmissão do conhecimento, evoluindo através de formas mais complexas como o planejamento, a estratégia, a lógica, a validação de ideias e a organização das comunidades. Atualmente, as redes de computadores carregam uma grande quantidade de tecnologias intelectuais que aumentam e modificam a maioria das nossas capacidades cognitivas, a possibilidade de partilhar a memória, a percepção e a imaginação, resultando na aprendizagem coletiva e na troca de conhecimentos. A evolução da raça humana, seus costumes, suas diferenças raciais, sua adaptação a diferentes regiões e até mesmo sua divisão em classes sociais modificaram as técnicas de comunicação. Não obstante, os sentidos sempre foram os meios utilizados para se desenvolver novos protocolos de comunicação entre agentes ou intérpretes buscando em objetos, significados a serem compartilhados. A quebra desse paradigma acontece quando introduzimos equipamentos eletrônicos com interfaces ainda não adaptadas aos nossos sinais mais primitivos, sinais elétricos de origem iônica, que de maneira analógica e com comportamento não linear, integram nossa rede neural biológica. A presença de criações eletrônicas no mundo é cada dia maior e a interface de comunicação com elas ainda utiliza nossos sentidos mais lentos e complexos. A transmissão e a interpretação de símbolos e significados acontecem através de teclado, “*mouse*”, telas e pranchetas eletrônicas, muitas vezes de maneira limitada. Conforme descrito por Uexkull, [Thu04], em sua teoria, tudo que conhecemos é somente parte do ambiente que é detectado pelos órgãos dos sentidos e a esse ambiente, que é captado por nossos sensores, ele denominou “*Umwelt*”, definido como sendo o que compreende os aspectos fenomenológicos das partes do ambiente de um

sujeito – um organismo animal –, ou seja, as partes que este seleciona por meio dos órgãos sensoriais específicos de sua espécie, de acordo com sua organização e suas necessidades biológicas. Portanto, em um mundo eletrônico, investir em uma interface mais eficiente com dispositivos eletrônicos pode significar uma adaptação da espécie humana. Com esta nova interface pode-se criar uma comunicação estruturada, um novo protocolo que permita inclusive a transferência da sequência de formação de um conhecimento específico, interagindo-se com os sistemas eletrônicos de maneira mais rápida e eficaz. A teoria do conhecimento, que se desenvolveu desde a época de Platão e Aristóteles, passando por grandes nomes até os dias de hoje teve com Charles Sanders Peirce, [Not95], uma grande contribuição no estudo da formação do conhecimento através dos signos¹, aqui denominada de Semiótica Clássica. Ao se utilizar a teoria de Peirce e as contribuições feitas por Pospelov[Vad03], Albus[Alb91], Meystel[Mey96] e Gudwin[Gud96], pode-se desenvolver um novo processo de comunicação, onde sistemas projetados segundo a Semiótica Computacional interagem com o sistema biológico humano através de um protocolo e interfaces que chamaremos de iônicas ou semi-iônicas. Estas interfaces vão expandir a percepção do homem através de redes Neurais Híbridas – Biológica e Artificial – que mapeiam espaços discretos em contínuos através da aproximação universal das redes do tipo MLP – “*Multi Layer Perceptron*”. Ao se projetar pontos no espaço exterior ainda não identificados pelos sensores, pode-se iniciar a formação da imaginação artificial. No processo de Análise procura-se conhecer um espaço contínuo – Espaço Externo – a partir do estudo de focos de análise, formando o Espaço Interno. No processo de Síntese, ao contrário, a imaginação artificial é uma ferramenta essencial já que se pretende projetar um espaço infinito (Espaço Externo) a partir da geração de conjuntos discretos.

¹O signo é um elemento dinâmico e é parte da formação do significado no conceito da Semiótica

1.2 Motivação

O principal desafio deste trabalho é o de promover uma melhor integração do homem com os sistemas eletroeletrônicos, apresentando assim novas alternativas para a transferência da informação e de um conhecimento específico, abordando temas como:

1. “Miniaturização x Usabilidade/Acessibilidade”, onde a necessidade de se desenvolver dispositivos eletroeletrônicos cada vez menores, com reduzido consumo de energia, que sejam mais portáteis e facilmente incorporados a outros, contrastam com a necessidade de avanços na Usabilidade e na Acessibilidade destes equipamentos. Estas novas tecnologias devem incluir pessoas com deficiências ou restrições para o uso como, por exemplo, aqueles com menor habilidade visual, auditiva e de movimentos;
2. “Interfaces Eletroeletrônicas x Mecânicas”, onde as características associadas à natureza mecânica dos membros humanos utilizados como interface de comunicação, como os braços, as mãos, a voz e a audição, podem apresentar alguns sintomas fisiológicos nocivos quando submetidos a esforços repetitivos, além de acrescentar um atraso e uma imprecisão ao processo de comunicação com os dispositivos eletroeletrônicos;
3. “Sustentabilidade para as soluções eletroeletrônicas”, desenvolvendo dispositivos com menor quantidade de componentes, encapsulamento mais simples, maior rastreabilidade, melhor usabilidade, com menor impacto ambiental e que serão mais facilmente adequados às diretivas “RoHS”² e “WEEE”³, por

²Restriction of Hazardous Substances – Diretriz Europeia 2002/95/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003 sobre a Restrição do uso de certas Substâncias Nocivas em equipamentos elétricos – Esta Diretriz restringe o uso de substâncias nocivas (chumbo, mercúrio, cádmio, cromo hexavalente, PPB e PBDE) em equipamentos eletro-eletrônicos no estágio de fabricação e produção.

³Waste Electrical and Electronic Equipment – Diretriz 2002/96/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003 sobre descarte de Equipamentos Eletroeletrônicos, esta diretriz abrange o tratamento e a reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos.

exemplo;

4. “Processos cognitivos e assimilação do conhecimento” que, com a introdução de novas metodologias e ferramentas no processo de aprendizagem, buscam ainda identificar as alterações nos processos cognitivos e como se processa a assimilação de um conhecimento específico;
5. “A codificação e a transferência de um conhecimento” que, face à proposta de se tentar codificar o processo de formação de um conhecimento específico, buscam viabilizar a transferência e a decodificação desta informação por outro sistema inteligente;

Mas como representar a informação e o conhecimento? Como codificar esta representação e transmiti-la para o mundo eletrônico de maneira mais eficiente? Quais suas reais limitações? O modelo proposto por Charles Sanders Peirce refere-se à mente humana como a única coisa que se encontra em expansão, sendo que tudo já se encontra no mundo, e portanto se algum fenômeno não está explícito é porque nossa mente ainda não consegue enxergá-lo ou explicá-lo. É necessário então expandir a compreensão humana para tudo o que já foi escrito sobre linguagem. A tese central de Peirce é a de que todo pensamento se dá em signos, do que decorre que a cognição é triádica, formada por três termos básicos, uma relação entre um sujeito e um objeto sempre mediada pelo signo [Not96]. A razão, como parte superficial da consciência é, de acordo com as categorias propostas por Peirce, um terceiro momento da apreensão e compreensão de um fenômeno. A Terceiridade, a mais inteligível, é portanto a síntese intelectual ou o pensamento em signos, a mediação entre o Ser e o mundo, que se situa no terreno do pensamento. Um PSS (Protocolo Semiótico Sensorial) pode codificar estes signos e permitir assim, a memorização da formação destes. Estes códigos podem ser organizados em padrões e submetidos a redes neurais tipo “*feedforward*” supervisionadas, por exemplo, que quando integradas a redes neurais biológicas, podem ser classificados como ferramentas de reconhecimento estruturado

das relações no processo de cognição. Estas ferramentas podem sugerir uma interpretação estruturada da relação entre o Signo e o Objeto bem como entre o Objeto e o Interpretante, figura 1.1. Será possível a utilização de um PSS com um dispositivo sensorial eletro-iônico para substituir com eficácia os teclados, os ‘*mouses*’, o volante do carro, a caneta e os interruptores entre outros?

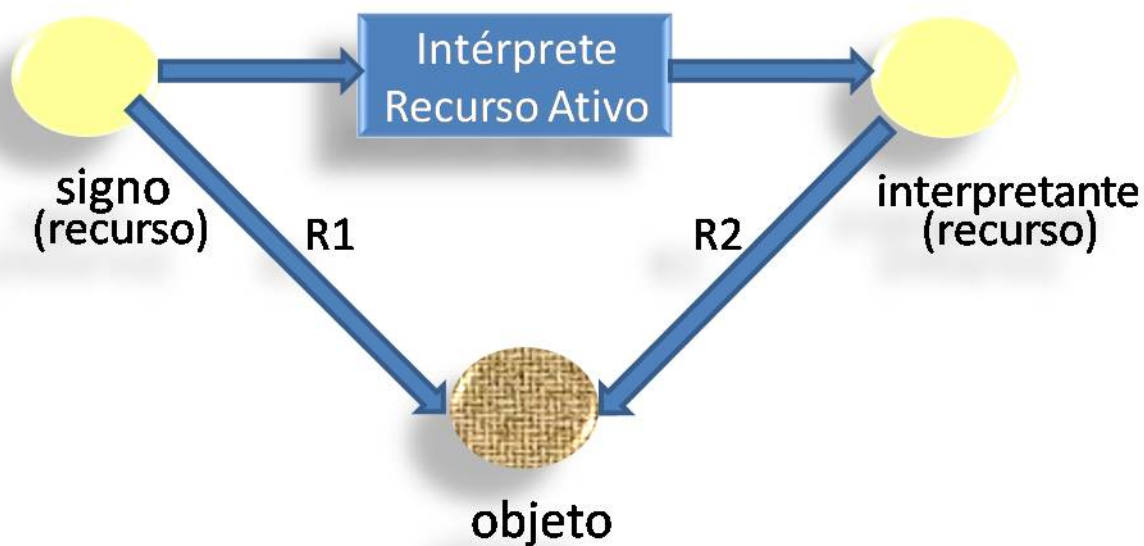


Fig. 1.1: Relacionamento de Recursos

Desenvolvido à luz da teoria do conhecimento, este protocolo utilizará as contribuições de estudiosos como Aristóteles, Platão, Locke, Kant, Berkeley, Suassure, Hjelmsleve, Peirce e outros[Not95]. A ideia principal desta tese é intensificar a espiral semiótica de formação do conhecimento onde um objeto está relacionado com um signo e este com seu interpretante e ainda este, por conseguinte, com o objeto que já não é mais o mesmo, modificado pelo processo de cognição, realimentando uma espiral virtuosa de formação do conhecimento, e ampliando a capacidade de percepção do Ser com o auxílio de interfaces mais adaptadas a uma conexão homem-máquina, inerentes às soluções do tipo “*e-learning*” (electronic learning) ou ainda de automação e robótica.

1.3 Objetivo

A proposta desta tese é a de se repensar os recursos utilizados na interação do homem com os dispositivos eletroeletrônicos. Utilizar de maneira mais eficaz a capacidade de aprendizagem do cérebro humano e, através de novos recursos, proporcionar ações de supervisão, controle, transferência de informação e conhecimento de modo inovador. Portanto, esta tese busca desenvolver uma interface inteligente apoiada em conceitos como a epistemologia e a ontologia, que utilizando a semiótica e dispositivos do tipo cérebro-computador, ofereçam novas capacidades para o ser humano na relação com o meio em que vive através do mundo eletrônico. A interface com o usuário pode ser um dos componentes mais importantes de um projeto interativo do tipo homem-máquina. Sendo um dos responsáveis pela “Usabilidade” do produto final, tem impacto direto no tratamento de dispositivos de entrada e saída, no consumo de energia, no tempo de resposta, na compactação, no custo, na aplicabilidade, nos testes e na complexidade do projeto[Mig08]. Portanto, a utilização de interfaces e de protocolos de comunicação mais eficientes podem ajudar na integração do homem com suas soluções eletrônicas e ampliar as possibilidades de inovação tecnológica. A definição dos espaços internos e externos da mente humana caracterizam as fronteiras onde estas interfaces e protocolos devem estar presentes, interligando agentes inteligentes que podem assim transferir mais do que a informação, ao se codificar seqüências semióticas de formação de um conhecimento específico; pode-se também pensar em transferir este conhecimento específico. Com o objetivo de desenvolver um protocolo semiótico capaz de compartilhar o espaço interno de recursos ativos, este trabalho propõe o uso de interfaces homem-máquina e dispositivos “*wireless*” para comunicação e transferência de conhecimentos codificados. Este protocolo de comunicação, que encapsula seqüências de formação do conhecimento, deve ser utilizado de forma a tornar coerentes as relações Objeto-Signo e Objeto-Interpretante. Pretende-se verificar a proposição de que, aprender a compartilhar o espaço interno,

pode ser um dos grandes desafios na utilização das redes de processamento de recursos para a criação estruturada de processos semióticos em busca da transferência eficiente do conhecimento.

1.4 Estrutura da Tese

A metodologia utilizada considera os estudos em Epistemologia e Ontologia como fonte dos principais conceitos necessários ao desenvolvimento das pesquisas. Como ponto de partida serão considerados os conceitos associados aos sistemas, sub-sistemas e em especial os ecossistemas dinâmicos com suas características probabilísticas, a teoria Hergódica e as relações espaço-tempo; a dependência dos eventos no tempo e a teoria da causalidade; os níveis de entropia e organização bem como quando os agentes desenvolvem habilidades, percepção e capacidade de aprendizado segundo a teoria do Umwelt. Em seguida serão considerados os conceitos associados aos sistemas abertos, em nível microscópico e macroscópico além da necessidade de trocarem matéria, energia e informação com o meio como forma de se auto organizar e evoluir. Nesta troca de informação serão considerados os axiomas de Watzlawick e as objetividade e subjetividade dos dados, das informações e do conhecimento. Em busca do mapeamento das informações no espaço interno da mente humana serão estudados os autômatos adaptativos e suas componentes de exploração e mapeamento, além da aproximação em modelos que utilizem redes simplesmente conexas através das tabelas de probabilidades condicionais. Serão estudadas as formas de representação do conhecimento propostas por Durkin e de transferência do conhecimento propostas por Nonaka e Takeuchi. Ao utilizar interfaces do tipo cérebro-computador (ICC) serão estudados os princípios de geração dos sinais neurais eletro-iônicos e as áreas funcionais de ativação do cérebro, além dos processos de filtragem, identificação e seleção captados pelos ICC. Serão então elaboradas as primitivas do protocolo e suas formas de codificação sobre uma plataforma de desenvolvimento que possibilite

validar as propostas desta tese através do estudo de casos. Assim serão relatados os resultados e os gráficos de forma a registrar os resultados obtidos, as principais dificuldades e os trabalhos futuros.

1. Nesta Tese de Doutorado propõe-se o desenvolvimento e os testes de um protocolo semiótico a ser aplicado em soluções tipo “*e-learning*”, controle e supervisão. Uma vez definida a abrangência do projeto e identificados os módulos necessários, propõe-se validar uma interface que utiliza o protocolo ECOLIG a ser aplicada na comunicação homem-máquina utilizando-se o modalidade de “Estudo de Casos”. A apresentação de conceitos relacionados à percepção humana, o “*UMWELT*” e suas relações até a formação dos ecossistemas dinâmicos, bem como a conexão destes com novas propostas de interfaces será realizada no Capítulo 2 desta Tese.
2. Esta ferramenta é projetada, implementada e validada em exemplos utilizando-se de “*Brain Machine Interfaces*” ou Interfaces Cérebro-Computador que são a base para a codificação deste protocolo que permite a transferência de um determinado nível de conhecimento. Na figura 1.2 apresenta-se um organograma estrutural desta tese que, utilizando-se de um modelo de desenvolvimento de “*software*” busca identificar os requisitos, estruturar as informações e organizar os recursos necessários.
3. Desta forma é apresentada uma ferramenta com resultados práticos, as avaliações efetuadas e as propostas para novos trabalhos. Os capítulos desta Tese estão relacionados a seguir:
 - Capítulo 1: descreve o contexto, a motivação e os objetivos envolvidos neste projeto.

Este capítulo tem o propósito de apresentar novas alternativas para auxiliar na comunicação homem-máquina, facilitar a transferência da informação e,



Fig. 1.2: Apresentação da dissertação

como consequência, de níveis de conhecimento. Descreve também a ideia, as etapas e as metas almejadas com esta Tese.

- Capítulo 2: apresenta alguns conceitos relacionados à Percepção Humana e suas relações com o universo de cada ser, as fronteiras do espaço interno, a capacidade de absorver e compartilhar o espaço externo no processo de aprendizagem e, assim, de formação de um conhecimento.

Utilizando estudos desenvolvidos por renomados cientistas, são abordados os conceitos relacionados com o tema “Ecosistemas Dinâmicos”, para apresentar o conhecimento fundamental utilizado na elaboração desta Tese.

- Capítulo 3: descreve o caminho para a formação do conhecimento a partir da informação e suas formas de transferência para outros seres humanos e componentes cibernéticos.

Utilizando-se de modelos para codificação e organização da informação são propostas alternativas para a interação entre o homem e outros sistemas inteligentes através de dispositivos eletroeletrônicos. Estas alternativas foram utilizadas na elaboração do protocolo semiótico submetido aos testes de vali-

dação.

- Capítulo 4: Descreve-se o Protocolo ECOLIG, seus elementos, conceitos e sua estrutura funcional desenvolvida com uma interface cérebro-computador. Através de casos de uso, avalia-se sua aplicabilidade e usabilidade.

A partir do diagrama funcional de um modelo para implementação de sistemas cognitivos são descritos os recursos e suas funcionalidades. Identifica-se o papel das novas interfaces, sua adequação a novos protocolos semióticos e ainda demonstra-se sua potencialidade nas possíveis áreas de aplicação.

Destacando-se a importância do tema “Percepção Humana” associado a novas interfaces homem-máquina, é proposto o protocolo ECOLIG que codifica sequências de formação do conhecimento para que possa ser transmitido e aprendido por outros sistemas inteligentes.

Através do estudo de casos, testes foram realizados, com o objetivo de verificar a “Usabilidade” deste novo protocolo, seu potencial e sua facilidade de utilização.

- Capítulo 5: As conclusões relativas à pesquisa são apresentadas, destacando-se as considerações, limitações e possíveis alternativas para os problemas encontrados.
- Capítulo 6: São propostas alternativas para novos trabalhos acadêmicos e para utilização desta nova tecnologia em dispositivos eletroeletrônicos comerciais.
- Referências Bibliográficas
- Apêndices:

Procedimentos e Questionários.

Conceitos, Termos e Símbolos.

1.5 Conclusão deste capítulo

Neste capítulo foi feita a apresentação geral da tese. A partir do contexto em que foi elaborada destacou-se a motivação em se desenvolver novos protocolos de transferência de informação e conhecimento através de novas interfaces homem-máquina a serem utilizadas em projetos interativos e sistemas embarcados. Com o objetivo de se testar a usabilidade de uma solução implementada utilizando-se uma metodologia reconhecida e sistemas comerciais, efetuou-se o planejamento desde os conceitos teóricos até os testes que dão suporte às conclusões finais. No capítulo seguinte, dá-se início aos fundamentos teóricos para o desenvolvimento dos trabalhos, a associação com a Semiótica e seus conceitos de aprendizagem. Destacam-se ainda outras iniciativas semelhantes e as oportunidades de contribuição a serem desenvolvidas neste trabalho.

Capítulo 2

Estado da Arte

Muitas pesquisas tem sido desenvolvidas em grandes centros de estudos e inovação tecnológica. As principais diferenças entre estes trabalhos se encontram, principalmente, na tecnologia do tipo de interface utilizada para captação dos sinais da atividade cerebral e na finalidade das pesquisas. Muitas destas iniciativas utilizam eletrodos em contato com o córtex cerebral de modo a facilitar a identificação da origem dos sinais a serem tratados. Uma vez conhecidas as regiões do cérebro e suas atribuições torna-se possível monitorar seu funcionamento e até utilizar sua atividade em procedimentos médicos e outras ações de controle.

“A pesquisa em interface cérebro-máquina até hoje apenas tocou o enorme potencial biomédico que as tecnologias ativadas pelo cérebro deverão ter no futuro, tanto na neurociência básica como na clínica”, disse Nicolelis.

Uma destas pesquisas, com reconhecimento internacional, se refere às elaboradas pelo Dr. Miguel Nicolélis, um neurocientista brasileiro, professor da Universidade Duke, que foi anunciado como um dos ganhadores em 2010 do “Director’s Pioneer Award”, programa de apoio a pesquisas dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH), nos Estados Unidos.

Com um auxílio de US\$ 2,5 milhões em cinco anos, seus trabalhos possibilitaram expandir as pesquisas do grupo liderado por Nicolelis em interfaces cérebro-máquina.

Nicolelis, codiretor do Centro de Neuroengenharia de Duke, passa a integrar uma seleta lista de 81 pesquisadores premiados pelo Pioneer Award desde o início do programa, em 2004. É o primeiro brasileiro a receber a honraria, a principal concedida pelo governo norte-americano a cientistas na área de biomedicina.

Há mais de 20 anos o pesquisador estuda os princípios neurofisiológicos básicos que permitem que circuitos neurais no cérebro de mamíferos produzam comportamentos sensoriais, motores e cognitivos. Tem desenvolvido abordagens experimentais e inovadoras que combinam enfoques computacionais, genéticos, eletrofisiológicos, farmacológicos e comportamentais.

O conhecimento resultante tem possibilitado a evolução da tecnologia cérebro-máquina, um campo revolucionário no qual Nicolelis é pioneiro, em uma ampla variedade de terapias clínicas. Por meio da tecnologia cérebro-máquina, o grupo do brasileiro tem demonstrado que humanos e outros primatas podem usar efetivamente a atividade elétrica derivada de seus cérebros para controlar diretamente o movimento de dispositivos artificiais e complexos, como próteses e ferramentas computacionais.

A principal diferença nas pesquisas do grupo do Professor Nicolélis em relação ao ECOLIG (O protocolo de comunicação Homem-Máquina proposto por esta tese) é que a tecnologia utilizada por Nicolélis considera sensores invasivos que, implantados no crânio, permitem a captação e utilização da atividade cerebral para diversas pesquisas relacionadas ao tratamento de patologias e recuperação de movimentos através de membros biológicos ou artificiais. Esta característica, muito utilizada em diversas outras pesquisas por outros pesquisadores, se mostrou mais eficaz, principalmente em casos de pesquisas biomédicas. No caso do ECOLIG, a utilização de interfaces cérebro-computador não invasivas representam um diferencial fundamental. Inicialmente em custos, já que os equipamentos, os procedimentos e as instalações de um laboratório que utiliza procedimentos invasivos são extremamente mais caros do que os que utilizam DNI (dispositivos não invasivos). Também quanto às aprovações necessárias para procedimentos invasivos, principalmente em humanos, são

mais complexos e demorados. Outro item importante se refere à finalidade principal das pesquisas desta tese onde se pretende utilizar a atividade cerebral para, através do protocolo ECOLIG, interagir com o mundo eletroeletrônico permitindo assim que os sistemas inteligentes desenvolvam novas habilidades nesta relação, atualmente apoiada em dispositivos servo mecânicos biológicos ou artificiais. Na pesquisa com o ECOLIG e DNI, o treinamento demanda uma complexidade muito maior já que, invocar comandos complexos a partir da atividade de uma determinada região cerebral não é tão trivial como no caso das outras pesquisas mencionadas anteriormente. Apesar desta diferença, acredita-se que os benefícios quanto à utilização da solução, custos e aceitabilidade, dentre outras, justificam os esforços necessários.

Capítulo 3

CONSCIÊNCIA E PERCEPÇÃO

Em analogia à frase “*Navigare necesse, vivere non est necesse*”, proferida por Pompeu – general romano, 106-48 aC – dita aos marinheiros, amedrontados, que se recusavam a viajar durante a guerra, conforme Plutarco em “*Vida de Pompeu*”; Fernando Pessoa mencionou “*Navegar é preciso, viver não é preciso*”, fazendo uso destas palavras o poeta Fernando Pessoa pode demonstrar, ao mesmo tempo, a angústia e o desafio presentes nos limites da percepção humana. Esta afirmação, provocante, pode fornecer uma interpretação para a causa, ou efeito, que motiva o homem e outros seres vivos a buscar novos limites, além do alcance de seus sentidos mais primitivos. Talvez seja este o combustível que alimenta a chama da curiosidade, da aventura e até mesmo da pesquisa científica. Esta busca pela sustentação, adaptação, inovação, pelo conhecer e aprender implícito em todo cientista, despertou nos antigos navegadores o instinto de se deslocar para além do conhecido é o que faz manifestar, no ser humano, a imaginação que transcende o alcance limitado dos sentidos e de suas faculdades físicas. Ao estudar o Ser e o Mundo, o homem busca, dentro de sua capacidade, expandir sua consciência. A questão então é: Existirá um elo perdido capaz de expandir a percepção e, conseqüentemente, a consciência humana, concedendo ao homem a capacidade de navegar para além dos limites físicos percebidos pelos seus sentidos conhecidos? Se puder o homem se integrar a outros dispositivos, estendendo

sua percepção sensorial através dos dispositivos eletroeletrônicos, por exemplo, ele não necessitará mais das viagens espaciais, de submergir em regiões oceânicas hostis, de se submeter a explorações praticamente impossíveis como ao interior da terra ou do Sol, podendo fazê-lo através de sua perfeita integração com outros sistemas cibernéticos, como se lá estivesse.

Pode-se justificar um nível de consciência como consequência de um estágio da análise do ambiente pelo indivíduo, neste caso, os sentidos passam a atuar em conjunto para construir lugares complexos na mente humana. Desta forma, o homem constrói o seu mundo, onde os sentidos atuam como condutores de uma realidade exterior que é modelada no interior da mente humana. Quando falta a este indivíduo um de seus sentidos, todos os outros continuam a construção do mundo experienciado. A combinação de fatores mentais configura o caráter de cada momento particular da consciência, que se utiliza necessariamente de uma pessoa, de um objeto e uma relação entre estes para ser formada. Segundo Merleau-Ponty: “cabe-nos reformular os argumentos céticos fora de todo preconceito ontológico, justamente para sabermos o que é o ser-mundo, o ser-coisa, o ser-imaginário e o ser-consciente.” [Mer00].

O processo cognitivo portanto, envolve a percepção, a linguagem, a emoção, o comportamento, o pensamento conceitual e todos os atributos da consciência humana, além de incorporar as interações com o ambiente. O termo atuação foi utilizado por Francisco Varela [Var03] para evidenciar a relação de dependência do processo cognitivo com as experiências derivadas das capacidades sensório-motoras.

As ciências cognitivas vão permitir aos cientistas preocuparem-se também com as questões relacionadas com as sensações, percepções, formações mentais e a consciência das relações do homem com o ambiente, além das questões materiais e matemáticas. A abordagem contemporânea para as relações homem-ambiente intermediadas por interfaces eletrônicas, pouco ou nada consideram a influência da combinação entre as formas visíveis, os sons, os odores, sabores, coisas tangíveis ou palpáveis sobre os “objetos” da mente, pensamentos, ideias e concepções nas reações das pessoas em

sua interação com o mundo existente atrás dos dispositivos eletrônicos.

De fato, atuam como deficiências sensoriais onde, pouco se sabe sobre o modo como os órgãos dos sentidos – olhos, ouvidos, olfato, paladar, tato e mente – e suas faculdades, visual, auditiva, olfativa, gustativa, táctil e mental, atuam para suprir a ausência total ou parcial de um ou mais sentidos em sua interação com o mundo físico. Estudos recentes sobre a cognição ambiental de pessoas com deficiências visuais indicam que o corpo-mente incorpora as experiências vivenciadas e adquiridas por meio da interiorização e da coordenação dos sistemas sensoriais de que dispõe [Rhe04].

Ao se reconhecer a unicidade “corpo-mente” e o processo de interação como um dos fatores formadores do sujeito-usuário, a exemplo de Francisco Varela [Var03], deve-se também considerar a união da matéria – mundo – com a mente – homem – proposta pela filosofia oriental e por Merlau-Ponty no seu “Entre-Deux” [Mer00] na definição, concepção e na produção de soluções que considerem o homem e seu ambiente cognitivo. A comunicação atual entre o homem e o mundo através de dispositivos eletrônicos sejam estes dedicados, com interfaces especiais, ou até mesmo os aparelhos mais comuns como celulares e equipamentos domésticos, implica em aceitar que os objetos tangíveis – materiais – não conferem, por si sós, qualidade e eficiência, uma vez que sua aceitação está diretamente relacionada com os aspectos intangíveis: os pensamentos, a imaginação, os desejos, as ideias e as concepções, que permeiam a cultura e a sociedade. A ideia de uma interface que conecta os sentidos humanos, em sua plenitude, ao ambiente pode deixar de ser uma abstração, se aproximando portanto do que poderia ser um olhar-padrão, numa equalização do registro mental de cores e formas produzidos na consciência e na mente onde todos os homens poderiam experienciar igualmente o mundo dos objetos tangíveis: das formas visíveis, sons, odores, sabores, e das formas intangíveis: das ideias e pensamentos.

Segundo Welwood [Wel03], “nossa experiência da realidade, como vemos as coisas, o que elas significam para nós, como as sentimos e como reagimos a elas, é, em

grande parte uma construção da mente”, conclui ainda dizendo que o nosso mundo é constantemente criado por nós mesmos, “nós somos o mundo; nós não somos nada mais do que a realidade”. A comunicação atual, deficiente do ponto de vista sensorial e míope, dadas as limitações das interfaces eletro-mecânicas como teclados e outros dispositivos semelhantes, parecem ignorar que as ideias e pensamentos dependem e são condicionados pelo mundo experienciado, seja ele material ou mental. A reconstrução da capacidade imaginativa – consciência mental – ocorre, nestes casos, pela incorporação da experiência vivenciada, através da amplificação das outras capacidades sensório-motoras. O conhecimento adquirido do mundo experienciado é aquele que se vê, toca, cheira, ouve e que se constrói na mente, através de interações que formam sucessivas sequências de maturidade de um conhecimento específico, onde as sensações ou experiências ambientais são produzidas na própria relação com o ambiente [Var03].

A chave para a codificação de uma sequência de formação de um conhecimento está na percepção que é inseparável da consciência, uma vez que é pela experiência que reconhecemos os objetos físicos e os objetos mentais. As diferenças no tratamento de um ou mais sentidos é que tornam a percepção e a consciência ambiental “real” em algo substancialmente original e diferente para cada pessoa, ou até mesmo para a própria pessoa, uma vez que também pode ser afetada por seu estado emocional. Segundo a tradição da psicologia budista, a mente é considerada um órgão sensorial e seu objeto é o pensamento formado a partir dos outros cinco sentidos [Rhe04]; assim a tentativa de se reproduzir um objeto mental, semelhante entre duas pessoas, necessita de uma padronização no tratamento dos sentidos. Um outro elemento importante neste processo de formação de um conhecimento é a imaginação já que a percepção aciona a imaginação independentemente da capacidade de se perceber o mundo na plenitude dos sentidos. Imaginar significa também poder construir espaços mentais como uma extensão de espaços formados através da percepção e da consciência, de maneira análoga ao que se tenta fazer com as redes neurais do tipo universal

projetando elementos não conhecidos através de funções matemáticas especialmente criadas com esta finalidade. Qual a eficiência de uma comunicação homem-máquina que se utiliza de interfaces pouco ou nada sensoriais, principalmente as utilizadas em sistemas cognitivos?

Os projetos que utilizam interfaces do tipo “homem-máquina”, principalmente os “*e-learning*”, precisam considerar o papel determinante das nossas formações mentais, volição, atenção e contato, que dependem do conhecimento ou da consciência de sua existência, e condicionam o surgimento da consciência e da sensação de percepção. A tentativa de se codificar e transmitir um conhecimento adquirido precisa ainda considerar a volição e a atenção que são inseparáveis. A volição funciona sempre como uma sentinela acionando os sentidos, principalmente da audição e da visão, já que normalmente não se pode deixar de ouvir ou não ver um determinado som ou objeto, mas qualquer alteração na sensação pode tornar imprevisível os resultados das formações mentais. A atenção no entanto, também associada à visão e audição, é controlável e participa igualmente do processo de aprendizagem. A consciência ou conhecimento nunca surge por si só, pois ela é uma reação ou resposta sempre condicionada às faculdades sensório-perceptivas aceitas – visão, audição, paladar, olfato, tato, mente, movimento ou propriocepção e equilíbrio – [Rhe04], além dos fenômenos exteriores correspondentes: formas visíveis, sons, odores, sabores, objetos tangíveis e objetos mentais – ideias e pensamentos. Considerando-se a existência dos espaços internos – mentais – e externos – mundo –, bem como o papel de seus respectivos elementos e faculdades nos processos cognitivos pode-se, por exemplo afirmar que a consciência visual é sempre condicionada pela base interna, o olho e sua faculdade, e pela base externa, a luz, as formas e as cores; logo não é possível prever a reação produzida pelos ambientes e objetos nas pessoas que nada, ou pouco, se utilizam destes recursos no processo de aprendizagem. Algumas questões intrigantes são: como as pessoas cegas ou com visão subnormal veem ou percebem os objetos e como desenvolvem sua consciência visual? Como é possível reconhecer os ambientes

como indutores da construção de uma vontade, intenção ou consciência visual nos portadores de qualquer disfunção visual? Como é possível incorporar a carga afetiva e imaginativa dos cegos em sua experiência ambiental? Como é possível reconhecer que, por meio de sua memória e suas vivências, os cegos são capazes de usufruir os valores e significados intelectuais e imaginativos do ambiente?

A consciência da visão indica que “ver” não significa “reconhecer”. Além disso, a imaginação, para os portadores da visão “normal”, quase análoga à sensação visual, fornece também aos cegos o “colorido” e a carga afetiva de suas experiências [Rhe04]. Igualmente pouco se sabe sobre o modo como se opera a consciência auditiva em pessoas portadoras de algum tipo de deficiência auditiva. Condicionada pelo ouvido com sua faculdade – base interna – e pelos sons – base externa –, a consciência auditiva surge no contato do ser humano com o mundo exterior produzido pela atmosfera. A exemplo da consciência auditiva, pouco se sabe da consciência olfativa de pessoas portadoras de deficiência no olfato, e de como os ambientes afetam sua consciência e interação ambiental; ou sobre como os ambientes afetam a consciência tátil de pessoas portadoras de alguma deficiência ou disfunção relacionada com o corpo e com o tato: dores, formigamentos, indisposições, etc. Poderia o homem estender sua limitada relação de sentidos? ou pelo menos, seria possível alterar o paradigma atual da visão como o sentido mais estruturado e prevalente que faz com que as informações captadas pelos demais sentidos – tato, olfato, audição e paladar – sejam relegadas a um segundo plano? Nos dispositivos “homem-máquina” atualmente desenvolvidos verifica-se esta limitação de conexão sensorial, talvez pela ausência destes no elemento máquina, talvez pela incapacidade de se codificar tais respostas, transmiti-las e então decodifica-las. A consciência mental também é influenciada por ocorrências mentais independentes e não diretamente ligadas aos sentidos, como por exemplo, os pensamentos ou lembranças por imagens, por palavras, o que levanta dúvidas sobre a qualidade da comunicação homem-máquina cada vez mais associada a interfaces eletro-mecânicas (teclado e “mouse”) e monitores de vídeo. Os sistemas cognitivos

precisam incluir as sensações visuais, auditivas, olfativas, gustativas, táteis e mentais representadas por objetos distintos que acionam a percepção humana. Codificar as sensações, pode significar expandir os sentidos humanos, criar sistemas cognitivos mais eficientes e até mesmo incluir pessoas com restrições. O mundo material produz na base interna dos sentidos das pessoas com necessidades especiais, emoções que as fazem se identificar com cada lugar vivenciado; desta forma, o mundo emerge para estas pessoas criando vínculos com os objetos representativos dos sentidos humanos que correspondem à visão, à audição, ao olfato, ao tato, ao paladar e à mente, sendo condicionados pelo corpo [Rhe04]. “*Tudo se passa como se o corpo visível permanecesse inacabado, aberto; como se a fisiologia da visão lograsse fechar o funcionamento nervoso sobre si mesmo estando os movimentos de fixação, de convergência, na dependência do advento para o corpo, de um mundo visível que eles poderão, segundo se julga, explicar*” [Mer00]. O aprendizado humano se utiliza dos sentidos para assimilar um determinado conhecimento e portanto, a eficiência deste aprendizado, principalmente em um mundo cada vez mais eletrônico, precisa ativar os objetos que pertencem a cada sentido. O dito “*e-learning*” necessita da construção de ambientes sensoriais múltiplos e ricos em sensações, que surjam da plenitude dos sentidos e viabilizem a construção de um mundo imaginado em imagens mentais de cada indivíduo, levando-o a “sentir” o espaço externo. Como cada órgão tem um campo específico de atividade e como cada sentido é separado do outro, a mente participa em todos os sentidos e permite a todas as pessoas, inclusive as com sensações limitadas, “ver”, “ouvir”, “sentir” e “pensar”, ainda que, ficando gravado no consciente e no subconsciente, venha à tona ao ser despertado pelo lugar. Quando ocorre a ausência do lugar, como acontece tipicamente nas soluções do tipo “Educação a Distância”, ocorre também a dificuldade da sensação e o aprendizado em sua essência, cabendo assim às ferramentas “*e-learning*” tentar suprirem esta deficiência sensorial, chave para o eficaz aprendizado humano e elemento inovador na comunicação homem-máquina.

3.1 *UMWELT*

O cientista Jakob Johann von Uexküll formulou uma teoria que relaciona os processos perceptivos e motores denominada por ele como *UMWELT* [Thu04]. A teoria do *UMWELT* contribui para o entendimento da dinâmica dos processos vivos, a “biossemiótica”. Uexküll aponta para a ideia de que os organismos estão conectados aos seus ambientes pelo sistema perceptivo-motor, onde o conjunto perceptivo do organismo é responsável pela apreensão das informações do ambiente e o sistema motor pelas ações. Sendo assim, um organismo recebe do ambiente o que o seu sistema perceptivo lhe permitir captar. Como consequência de um processo evolutivo, a teoria de Uexküll releva o fato de que a capacidade de percepção de um dado organismo, cria uma espécie de membrana invisível que delinea o que pode ser apreendido do ambiente e possibilita assim, conseqüentes ações sobre o mesmo. Esta membrana é responsável pelas experiências subjetivas do organismo, quando este toma contato com os fenômenos que o cercam. Como resultado da evolução, todos os indivíduos de uma mesma espécie têm o *UMWELT* semelhante podendo portanto, encontrar respostas adaptativas semelhantes ao atuarem sobre os ambientes, apesar de existirem variações de um organismo para outro. Até mesmo dentro da mesma espécie pode-se verificar alterações como, por exemplo, o deslocamento em direção ao mar executado por algumas tartarugas ao nascer na praia. Esta ação é passada de geração para geração, onde os filhotes seguem seu instinto captando parâmetros do ambiente. No entanto, se algum dos filhotes, devido a alguma variação genética, tiver nascido com alguma deficiência, pode-se deduzir que as informações do ambiente que ele armazenará serão diferentes das dos outros indivíduos de sua espécie, podendo interferir diretamente em sua capacidade de agir no ambiente em busca de sua própria sobrevivência. O *UMWELT* do organismo é, portanto, lentamente moldado pela evolução, permanecendo, em cada geração, as informações genéticas dos indivíduos que sobreviveram e chegaram ao ponto de procriar-se. Por isso, no caso da tartaruga

deficiente, é possível presumir que suas chances de sobrevivência sejam menores e talvez não lhe permitam chegar à fase de reprodução. Desta forma, é possível dizer que a experiência subjetiva dessa tartaruga ao aprender as informações que fazem parte de seu *UMWELT* é, portanto, diferente da experiência subjetiva das outras de sua espécie.

O *UMWELTEN*, que nada mais é que um conjunto de vários *UMWELT*, é para a espécie humana mais complexo pois, dentre muitas outras habilidades, estes seres tem a capacidade da linguagem e da comunicação com vários níveis de produção simbólica, modificando o ambiente que os cercam e refinando sua capacidade perceptiva e cognitiva através de diversas formas de comunicação desenvolvidas. Estes seres possuem habilidades cognitivas que são específicas de sua espécie, e que estão diretamente relacionadas a áreas do cérebro responsáveis por elas, como é o caso da linguagem. Neste caso, os processos de consciência têm suas especificidades, se comparados com os de outros animais, devido às funções e habilidades cerebrais que emergiram com a evolução da espécie. Se as informações que fazem parte do *UMWELT* de um organismo são as que ele conseguiu captar do ambiente, e portanto utilizadas para sua sobrevivência, a representação interna que o organismo faz de seu *UMWELT* não é o mesmo que o *UMWELT* em si (ou seja, são as informações da realidade acessáveis pelos seus órgãos sensoriais). Uexküll definiu esta representação interna do *UMWELT* de *Innenwelt* [Thu04]. Para Uexküll o processo vital ocorre como um sistema coerente em que o “sujeito” e o “objeto” se definem como elementos inter-relacionados em algo maior, portanto, com uma visão sistêmica que se opõe a uma visão meramente objetivista positivista e ao subjetivismo idealista. Sua teoria refere-se a conceitos da filosofia natural romântica, uma síntese de forças criativas do organismo e das influências de seu ambiente, a qual Johannes Peter Muller expandiu para a lei da energia vital específica, formulada em seu “Handbuch der Physiologie” de 1826 [Nat97]. A teoria de Muller, que serviu como contribuição importante para vários cientistas como Hermann von Helmholtz (1821-1894), Emil du Bois-Reymond

(1818-1896), Theodor Schwann (1810-1882), Friedrich Gustav Jakob Henle (1809-1885) e Carl Ludwig (1816-1895) [Oti03], mostrou-se posteriormente incorreta; nela, cada via aferente possuiria uma energia nervosa específica que se traduziria em uma sensação de cada nervo[Nat97]. Assim, o nervo ótico excitado pela ação da retina, ou por forças mecânicas e químicas, produziria sempre imagens luminosas, ocorrendo o mesmo com os demais sentidos. Uma analogia à fisiologia vista por Kant, em que o mundo percebido seria uma mera propriedade das nossas energias nervosas específicas, definido por Galileu como qualidades secundárias[Mar03], estimuladas sempre por qualquer fator físico, não importando a sua natureza. Trata-se de um elemento preciso, corporalmente situado como fenômeno, ao contrário dos elementos arbitrários das ideias e impressões descritas pelos empiristas. Assim, a sensação, que conecta o mundo físico e que constantemente estimula os sentidos, ligaria o fisiológico e o psicológico, uma vez que as energias nervosas específicas estão ligadas aos nervos, e a sensação seria então a base de nossas representações. Posteriormente, Hermann von Helmholtz [Hel78], elaborou em 1860 uma teoria sobre o surgimento das representações psicológicas, ou das apercepções – Capacidade de percepção e interpretação de estímulos sensoriais, em função de experiências anteriores, conhecimento e emoções individuais –, que, no seu reverso, irá fomentar um novo método para estudo objetivo das sensações. A teoria proposta é a das inferências inconscientes, e o método, o da introspecção experimental, bem diferente do produzido na psicologia filosófica, que se concentra na mente e na consciência. As nossas sensações seriam organizadas por experiências passadas, que seriam armazenadas como as premissas maiores de um silogismo, aptas a ordenar de modo inconsciente e rápido as premissas menores informadas pelos sentidos, produzindo como conclusão às nossas representações psicológicas. A introspecção experimental, como modo de análise das sensações, se processaria no inverso dessas sínteses inconscientes, visando neutralizar os efeitos dessa inferência silogística operada pela experiência passada. Para neutralizar esta síntese inconsciente, processa-se então uma análise consciente, em que os sujeitos dos

experimentos são treinados para reconhecer o aspecto mais bruto e selvagem de suas experiências; como animais selvagens domesticados que teriam que ser reeducados ao seu ambiente natural. Este treinamento faz com que este estudo não possa ser feito sobre crianças, primitivos, ou doentes mentais, visando evitar o erro do estímulo, qual seja, a confusão do objeto percebido com os juízos inconscientes acumulados pela experiência passada. Por isto, o estudo objetivo das sensações em um sujeito só poderá ser feito se este mesmo sujeito for capaz de distinguir a experiência passada das sensações. Por todos estes cuidados metodológicos, em que a distância entre observador e observado se impõe, ainda que ocorra no mesmo sujeito, e na presença de um elemento objetivo é que o método introspectivo irá se distinguir da introspecção dos filósofos-psicólogos. A psicofísica de Fechner, detalhada nos “Elemente der Psychophysik” de 1860[Fal02], aborda o problema da matematização¹ apresentado por Kant e também oferece uma resposta experimental ao segundo problema² apresentado por Kant [Sch09]. Mas a sua principal conquista está em oferecer a qualquer estudo psicológico a possibilidade de desenvolver uma matemática mais avançada. Isto, através do estabelecimento da primeira lei matemática, batizada por ele de Lei Weber-Fechner³, em função do aproveitamento da equação desenvolvida por Ernst Weber (1795-1878) sobre a relação de proporcionalidade entre as diferenças apenas percebidas entre estímulos e os valores absolutos destes, figura 3.1. Fechner utilizou os estudos de Weber e propôs a relação entre as diferenças percebidas e as sensações, sugerindo a primeira medição psicológica [Fec60].

O “objeto” de Uexküll sugere portanto, a definição de um sistema aberto que, ao contrário de um sistema fechado, interage com o seu ambiente [Sil06]. Um sistema

¹Refere-se à primeira crítica apresentada por Kant onde, segundo ele, a natureza é o conjunto do conhecimento que nos é possibilitado através do entendimento e representa a natureza mecânico-causal. É a natureza da qual trata a ciência.

²Refere-se à segunda crítica apresentada por Kant onde, segundo ele, a natureza transcende nossa sensibilidade e é fruto da razão que cria suas próprias leis. É a natureza supras-sensível, que fundamenta a liberdade e o agir prático-ético.

³A lei de Weber-Fechner faz uma relação entre a intensidade física de uma excitação e a intensidade subjetiva da sensação de uma pessoa, seja de uma percepção sensorial auditiva, visual, térmica, tátil, gustativa ou olfativa

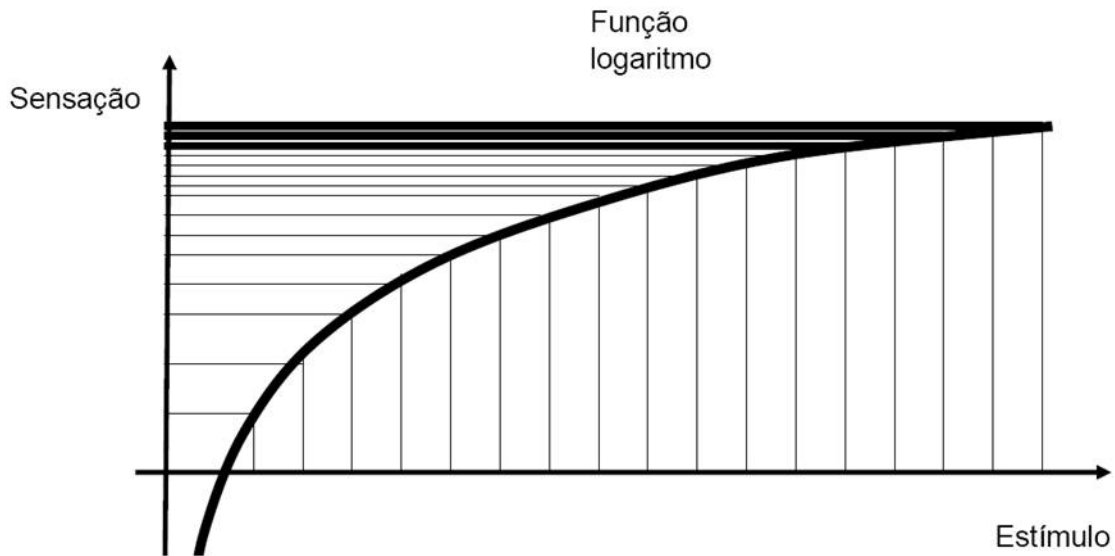


Fig. 3.1: Lei de Weber-Fechner

é fechado se não existe importação ou exportação de energias, em qualquer das suas formas, como informação, calor, materiais físicos, etc. e, portanto, nenhuma troca de componentes, como por exemplo uma reação química que acontece num receptor isolado e estanque [Wat67]. Os sistemas orgânicos são abertos, o que significa que permutam materiais, energias ou informação com os seus meios. Cada processo de observação implica em interações entre o observador e o sistema observado, o que não ocorre nos sistemas fechados já que, geralmente, não podem ser observados e assim, nenhuma afirmação definitiva pode ser feita sobre eles, nem mesmo se existem ou não. Portanto, é impossível examinar objetos isolados de seu ambiente; em cada caso pode-se observar somente as interações entre sujeitos (incluindo sujeitos observadores) e objetos.

Os Sistemas Abertos, não-lineares e longe do equilíbrio, apresentam uma característica fundamental: eles são obrigados a importar (assimilar) energia e matéria do seu ambiente relevante, utilizar esta informação para manter em funcionamento sua organização interna, e são obrigados a exportar as sobras ou rejeitos, que não podem ser aproveitados. Este processo, chamado metabolismo energético material (MEM), é uma característica fundamental de todos os sistemas auto-organizados, capazes de

evoluir.

Portanto, não há sistemas abertos, em equilíbrio, todos são estados estacionários, em permanente transformação, aparecem e desaparecem ao longo da evolução, de acordo com suas capacidades de adequar seu metabolismo energético-material às mudanças incessantes do seu ambiente relevante. Historicamente, um sistema foi definido como o objeto da análise empírica, entendido no sentido da “*Mecânica Newtoniana Clássica*”. Uma das primeiras definições da palavra sistema apareceu em 1874, na Alemanha, no dicionário “Meyers Konversationslexikon”: “.... sistema é um conjunto de partes organizadas em um todo...”, enquanto subentendia-se ainda as partes como sendo objetos macroscópicos, como descrito a seguir. Com o surgimento da termodinâmica estatística, no final do século passado, Ludwig Boltzmann introduziu uma primeira ampliação importante a este conceito: ele estabeleceu uma relação entre as dimensões macro e microscópicas de um sistema, através da famosa equação $S = k \cdot \log.W$, sendo “*S*” a entropia de um sistema, “*k*” uma constante e “*W*” um fator de probabilidade que indica quais estados microscópicos correspondem a um determinado estado macroscópico estacionário. Para Boltzmann, os estados macroscópicos e microscópicos já eram dimensões de espaço-tempo com qualidades diferentes. Assim, com esta equação, o conceito de sistema ganhou uma nova dimensão e a probabilidade deu sua entrada nas ciências exatas.

Um outro grande passo no sentido da ampliação do conceito de sistema foi dado com as novas formas de enfrentar e compreender a natureza não humana, ou seja, com o surgimento da ecologia. Assim, o conceito de ecossistema surgiu em 1935, com os trabalhos do botânico inglês Sir Arthur Tansley. A partir desta época, o ambiente tornou-se o centro das atenções e o conceito de sistema foi de certa maneira “aberto para fora”, ganhando mais uma dimensão, o seu ambiente [Odu01]. Para definir sistemas, é necessário inicialmente distinguir entre sistemas isolados, fechados e abertos. Enquanto os primeiros fogem do nosso acesso empírico, porque não trocam nem energia, nem matéria com os seus ambientes, os sistemas fechados trocam

somente energia com seu entorno. Entretanto, o interesse concentra-se aqui basicamente na terceira categoria: os sistemas abertos que trocam energia e matéria com os seus ambientes. Estes sistemas são de fato dominantes nos processos da evolução biológica e apresentam características que desafiam a visão *Newtoniana* do universo, ou seja, eles estão longe do equilíbrio, apresentam a capacidade de auto-organização e se desenvolvem de maneira irreversível. Em outras palavras, o futuro de um sistema aberto somente pode ser uma probabilidade. Uma definição atualizada de um sistema aberto deve, portanto, cobrir um conjunto de características pouco comuns à lógica da mecânica clássica. De início, uma definição deve ser capaz de relacionar o “espaço interno” e o “espaço externo” do sistema. Assim, pode-se distinguir pelo menos três dimensões de espaço-tempo em sistemas abertos:

- Uma dimensão microscópica que descreve o espaço interno no nível dos elementos do sistema;
- Uma dimensão mesoscópica de referência que se situa no nível das fronteiras estruturais do sistema. O termo mesoscópico foi escolhido porque designa um plano intermediário.
- Uma dimensão macroscópica, constituída pelo espaço externo, além das fronteiras estruturais do sistema.

A dimensão macroscópica é o ambiente especificamente relevante para a manutenção da coerência estrutural ou seja, da reprodução energético-material do sistema. Esta região é chamada campo de interação e faz parte do sistema. Assim, sistemas abertos são constituídos por uma estrutura e um campo de interação, ambos intermediados por um plano de referência, a fronteira estrutural. Um sistema aberto, no entanto, requer uma determinada quantidade e qualidade mínima de energia e matéria de entrada para a manutenção da coerência estrutural. Estas entradas são transformadas e aproveitadas pela estrutura do sistema e eliminadas na forma de saídas energético-materiais de qualidade inferior. Portanto, os sistemas abertos extraem energia e

matéria do seu campo de interação e devolvem energia e matéria desvalorizada ao mesmo. Este processo de “*feedback*” entre campo de interação e estrutura, que é o metabolismo energético-material, depende diretamente da forma específica do modo de organização estrutural. Este processo de “*feedback*” entre a estrutura e o campo de interação obriga o sistema a:

- “formatar”, ou informar, constantemente seu próprio ambiente relevante de acordo com seu padrão específico de organização estrutural.
- adaptar sua organização interna (o espaço microscópico) às mudanças que ocorrerem no espaço macroscópico, no campo de interação.

Assim, o campo de interação forma, junto com a estrutura do sistema, uma unidade em permanente interação e transformação. As dimensões macroscópicas e microscópicas interagem desta maneira através das fronteiras estruturais e possibilitam ao sistema reagir internamente a mudanças que ocorrem no exterior de sua fronteira estrutural. Partindo das considerações feitas até aqui, é possível dizer que: “Um sistema aberto é composto por um número finito de elementos que interagem de maneira coerente, formando uma estrutura que engendra o surgimento de um campo de interação em permanente “*feedback*” com a estrutura, através do qual o sistema se integra com o seu ambiente, adquirindo a capacidade de auto-organização e de evoluir de maneira irreversível” [Bun79].

Uma estrutura complexa, composta de um número muito grande de elementos, é considerada “**estacionária**” enquanto a coerência entre os elementos é mantida. Esta coerência em nível microscópico corresponde a aquilo que todos os elementos possuem e fazem em conjunto, apesar de todas as eventuais diferenças. Coerência é, portanto, algo comparável a um padrão médio de comportamento, ou em outras palavras o menor denominador comum. Os conceitos da teoria de sistemas somente tem sentido se forem relacionados a um sistema concreto. Assim, ao se falar de elemento ou campo de interação deve-se estabelecer uma relação com a estrutura

concreta do sistema que se está tratando. Por exemplo, uma sociedade de formigas pode ser considerada um sistema, onde os elementos são as formigas e a coerência do comportamento entre elas, forma a estrutura do sistema. A coerência é dinâmica pois, os elementos estão em movimento permanente e o sistema se transforma continuamente em tamanho e densidade, ou seja, na sua distribuição espaço-temporal. As formigas, entretanto, não ocupam somente o espaço do formigueiro, mas também um determinado entorno relevante para a sua reprodução. Este entorno sofre a influência da atividade das formigas, mas ao mesmo tempo impõe ao sistema determinados limites e condições de sobrevivência. Esta região é chamada de campo de interação. O espaço além das fronteiras deste campo é o espaço externo ou a rede do sistema. Falar em sistema ou em elemento somente tem sentido se a dimensão mesoscópica – o limite estrutural do sistema – for definida. Por exemplo, o elemento químico Carbono que faz parte da substância corporal da formiga não pode ser considerado um elemento do sistema formigueiro. Se quiser definir uma formiga individual como sistema, os conceitos de elemento, estrutura e campo de interação mudam de conteúdo e devem ser redefinidos concretamente para o caso. Em outras palavras, o elemento é somente a parte menor de um sistema específico e não pode ser confundido com o conceito químico de elemento. O surgimento de redes de sistemas somente ocorre em dimensões equivalentes. Por exemplo, moléculas se relacionam na dimensão espaço-temporal das moléculas para poder formar redes mais complexas. Por outro lado, a interação entre sistemas abertos somente pode ocorrer através da superposição dos campos de interação em dimensões espaço-tempo equivalentes. Sistemas abertos são formados de um lado por uma estrutura, como expressão de sua “corporalidade”, descrita por parâmetros tais como massa, substância, forma, “*gestalt*”, etc, e por outro lado, por um campo de interação que se relaciona a conceitos como energia, forças, etc. Assim, pode-se estabelecer uma analogia entre as relações do tipo corpo-mente, partícula-onda e estrutura-campo de interação.

Uexküll acrescentou outro elemento das condições prévias essenciais para a ob-

servação de objetos, ao enfatizar a influência que os sujeitos tem em cada interação com os objetos, devido a suas atividades receptoras e efetoras específicas da espécie, desenvolvendo a partir disso seu conceito sobre *UMWELT*. O segmento ambiental de um organismo é definido por suas capacidades específicas da espécie tanto receptoras quanto efetoras (definidas por Uexküll como percepção e operação). A semiótica de Peirce propõe que qualquer objeto experienciado por um organismo – um objeto externo ao seu corpo ou uma informação interna – é representado por um signo, que em si é diferente do objeto que o originou e que gera, continuamente, um interpretante (um outro signo) podendo haver um intérprete ou não nessa relação triádica. Assim, Santaella associa o Objeto dinâmico ao Umwelt e objeto imediato ao “Innenwelt” [San96]. O conceito de “Innenwelt” também foi utilizado por Antônio Damásio [Dam00] para a explicação da consciência humana. Esta hipótese se pauta na ideia de que os processos de consciência são sempre permeados por sentimentos relacionados às imagens criadas internamente por um organismo no encontro com um objeto, pessoa ou acontecimento ou ainda, no acesso a alguma informação previamente armazenada. Tais sentimentos estão concomitantemente associados ao papel que o próprio organismo cumpre nessa determinada situação, podendo recuperar inclusive emoções sentidas. Assim, como se acessam informações na mente o tempo inteiro quando se está consciente, também se está, o tempo inteiro, gerando sentimentos sobre si mesmo e as coisas que cercam o indivíduo. Esse fluxo contínuo de sensações, sentimentos e ações são os ciclo de semiose acontecendo nos processos comunicativos entre organismo e ambiente, que configura a espiral de formação de um conhecimento. A percepção-ação envolvem dinâmicas situações de acoplamento organismo-ambiente, que não estão dissociadas de sentimentos. Segundo Uexküll, a unidade complementar de sujeito e objeto gera consequências ao conceito de tempo que, como ritmo ou estrutura do processo vital em si, não é subjetivo nem objetivo, mas sim uma composição destes. O conceito do tempo em física desafia um problema de difícil solução que é o de como relacionar o tempo vivenciado com o tempo físico.

A questão é se devemos pressupor estruturas de tempo vivenciado ou o real? Onde a física mostra que o tempo real é simétrico e o tempo vivenciado um acréscimo subjetivo [Rod89]. Outra questão se refere à teoria da informação ou probabilidade. Enquanto alguns cientistas defendem que as probabilidades devem ser interpretadas como desconhecimento subjetivo, os físicos alegam que não é o determinismo que nega o futuro a ser desvendado pois, se a probabilidade apenas significasse falta de conhecimento, seria impossível distinguir entre a ignorância devido a carência de conhecimento e a ignorância que não pode ser compensada por qualquer conhecimento novo, figura 3.2.

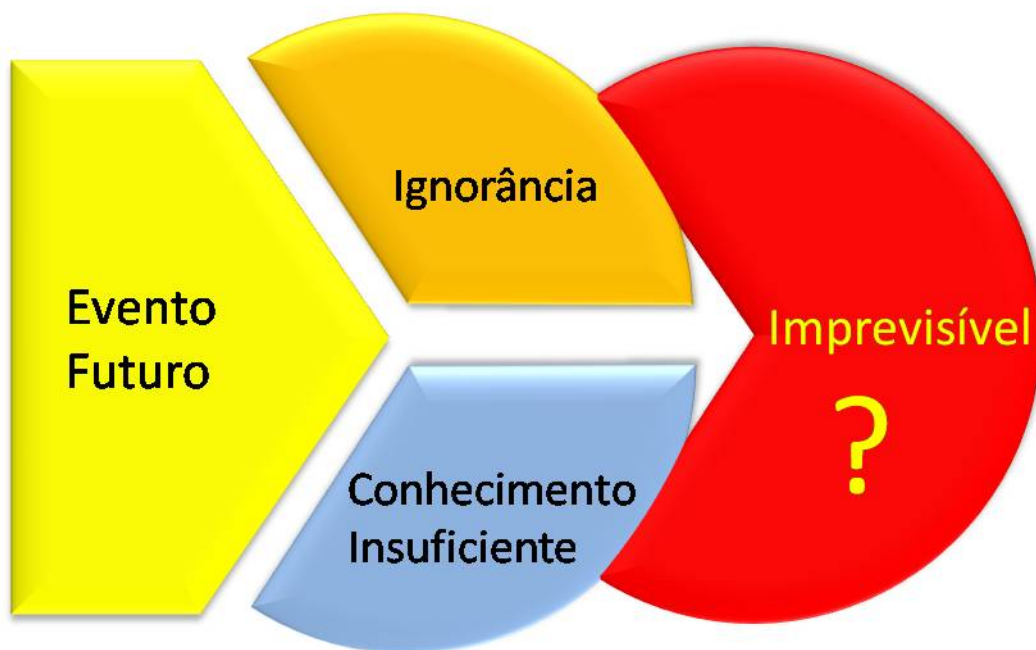


Fig. 3.2: Probabilidade, conhecimento ou ignorância?

Assim, enquanto filósofos como Bergson, Husserl e Heidegger expõem suas ideias de experiência humana de tempo, físicos definem o conceito de tempo de forma a medir e descrever seus resultados, o que resulta em uma discussão improdutiva, pois a contribuição da biologia supera a alternativa da posição subjetivista ou objetivista, e prova a irreversibilidade e abertura do tempo mediante a evidência de seus processos semióticos fundamentais.

Karl Ernst Von Baer destacou a relatividade do tempo como uma função de fatores biológicos baseados numa linha de raciocínio puramente biológica, e a partir daí desenvolveu o princípio de lapso temporal e efeitos visuais. Ele também postulou teoricamente sobre a menor unidade de tempo e adotou o termo momento para designá-la. Jakob von Uexküll desenvolveu ainda mais essa ideia ao mostrar como (em princípio) o futuro aberto força todos os seres vivos a se orientarem por meio de cálculos probabilísticos, usando a estratégia de calcular seu futuro segundo suas necessidades biológicas. Cálculos probabilísticos que interpretam o presente como referência a, ou signo de, possibilidades da ocorrência de satisfações futuras de algumas necessidades; são contudo, processos de signos ou semioses. Assim, Uexküll desenvolveu sua teoria do signo, em que o presente funciona como um signo e o futuro como o “*significatum*” ou “*signifie*”. Na definição do processo sónico, Uexküll torna evidente a estrutura temporal da semiose onde a percepção – recepção e decodificação de signos – é definida como um “especificador semântico” (*meaning-specifier*) com referência a uma “utilização semântica” (*meaning-utilization*) a ser realizada no futuro, onde a “designação semântica” (*meaning-assignment*) é testada.

Considerando-se que a relação entre sujeito e objeto – como um elemento de referência da designação semântica e da utilização semântica – é também uma relação de signos, ou seja, providos de uma estrutura de tempo, a questão de se essa relação é subjetiva ou objetiva não faz sentido. Isso pode apenas estar certo ou errado para um intérprete. A experiência de tempo, que difere de uma espécie para outra, influencia fortemente a relação com o mundo externo.

Jakob von Uexküll definiu o termo momento como o intervalo de tempo em que a diferença entre o antes e o depois não existe ainda, e mediu sua extensão para o homem e para várias espécies animais, concluindo que para o homem é de 1/18 de segundo, enquanto que para o caracol o momento é quatro vezes maior, e para o peixe-beta é três vezes menor. Assim pode-se afirmar que para o caracol todos os movimentos ocorrem muito mais rapidamente – sob marcação de lapso temporal

– do que para o homem, enquanto que para o peixe-beta eles ocorrem muito mais devagar. Quando se consegue medir o momento se consegue definir a unidade básica da duração do processo sógnico em cada sistema vivo, o que é importante para a análise de processos sógnicos em diferentes organismos.

Os organismos captam signos do ambiente através de diferentes “órgãos perceptivos e operacionais” e os interpretam de um modo específico de suas espécies, construindo assim seus auto-mundos e, dessa forma, a marcação dos processos sógnicos procede igualmente em um modo específico daquela espécie. Assim a definição de “meta-interpretação” decorre da interpretação de outra interpretação, como resultado de processos sógnicos que procedem da observação de outros seres vivos. Uexküll descreveu as relações entre os elementos do processo sógnico como um sistema dinâmico organizado em forma de círculo. Assim, a unidade fechada que inclui os órgãos perceptivos e operacionais também pode ser chamada de ciclo de percepção-ação. Pode-se então dizer que o *UMWELT* tem que ser uma propriedade emergente da relação percepção-ação.

A possibilidade de atribuir um *UMWELT* a um ser artificial é ainda bastante controverso[Emm01]. Uma das dificuldades é que o *UMWELT* também contém um componente resolutivo, no sentido de que a relevância está relacionada com as metas do agente. Nestes casos, utiliza-se uma versão adaptada do conceito *UMWELT*, um proto-*UMWELT*, onde se busca maximizar o controle sobre o elo percepção-ação, com o objetivo de avaliar um potencial mecanismo para a construção de um *UMWELT* básico; isso é fundamental para um acoplamento agente-ambiente. A ideia principal por trás disso é que este proto-*UMWELT* seja uma propriedade emergente do acoplamento entre o agente e o seu ambiente, que é o resultado de uma otimização das capacidades de informação-processamento do agente com relação ao seu ciclo de percepção-ação. Mais precisamente, o objetivo é otimizar a capacidade do agente de utilizar as informações em suas futuras percepções. Esta capacidade formalizada no âmbito teórico-informação é uma referência ao conceito de autonomia [Kly05].

Uma das ideias é que antes das ações serem identificadas em termos de finalidade ou objetivo, as ações sejam distinguidas em termos dos seus efeitos.

O proto-*UMWELT* de um agente é, portanto, principalmente orientado a distinguir os efeitos das diferentes ações que se manifestam como resultados dos ciclos de percepção-ação. Uexküll propõe que a realidade é diversificada, ela não é a mesma para todos os seres vivos. Assim existe uma realidade para cada organismo e cada organismo é monádico, ou seja, fechado em si mesmo. Cada organismo tem uma maneira peculiar de receber e responder às informações. Isso está entrelaçado e recebe o nome de “Círculo Funcional” que não pretende representar processos sîgnicos humanos; mas foi concebido para o observador humano a fim de interpretar processos sîgnicos em animais. Ele desenvolveu esse modelo durante seus estudos sobre animais, pela perspectiva de observações empíricas.

Para o ser humano, o círculo funcional está ligado ao sistema simbólico. Ou seja, cada organismo, além de adaptar-se a seu ambiente, está inteiramente ajustado a ele. E cada organismo possui um sistema receptor e um sistema efetuator. São elos de uma cadeia que Uexküll descreveu como círculo funcional. Esses dois sistemas são próprios de todos os animais, porém no ser humano aparece um elo adicional, o do “Sistema Simbólico”. Este elo é que permite ao ser humano apresentar uma resposta mediada pelo simbólico ao receber um estímulo externo, ao passo que para outros animais esta resposta é imediata. Como exemplo, pode-se mencionar a reação a explosão de um rojão que provoca a sensação de medo e a ação de fuga nos animais enquanto para o ser humano pode representar alegria e satisfação se for entendido como uma comemoração.

Para ilustrar o conceito do “Círculo Funcional” Uexküll descreveu o comportamento de uma espécie de carrapatos que sugam o sangue de outros organismos de sangue quente para poder gerar ovos fecundados. Como “órgãos receptivos” utilizam três receptores, que podem captar três diferentes “signos perceptivos”:

1. Signos olfativos, provenientes da presença do ácido butanóico, encontrado no suor dos organismos de sangue quente;
2. Signos táteis, induzidos pelo couro peludo dos mamíferos e
3. Signos termiais, produzidos pelo calor das áreas dérmicas lisas.

Cada signo se refere a uma resposta específica iniciada pelo signo. Jakob von Uexküll descreve a sequência e a interação dos três processos sîgnicos onde o carrapato inerte, fixado em um galho, no mato aguarda a passagem de alguma presa (um mamífero). De maneira seletiva sensorial, não há estímulo no ambiente que ele possa receber. Com a aproximação de um mamífero, apesar de todos os fatores estimulantes produzidos pelo corpo do mamífero, apenas três se tornam estímulos (signos perceptivos), e em uma sequência específica. Os três signos permitem ao carrapato executar três operações:

1. O odor do ácido butanoico induz um impulso nas patas do carrapato que o forçam a despençar do galho em que permanecia;
2. Com sorte ele cai sobre a presa, cujo couro peludo produz agora signos táteis que o levam a se desembarcar, enquanto extingue o signo olfativo “ácido butanoico”;
3. Assim, continua até que a porção nua da pele produza um terceiro signo perceptivo, “calor”, que então extingue o signo anterior e provoca uma terceira reação em que o carrapato pica a pele do mamífero com sua probóscide.

Esses são reflexos que sucessivamente substituem um ao outro e são induzidos por efeitos respectivamente físicos e químicos objetivamente mensuráveis. Porém há de se observar que, dos vários fatores estimulantes produzidos pelo corpo do mamífero, somente três deles se tornaram portadores de pistas perceptíveis para o carrapato, e isso ocorre por não ser o carrapato um sistema mecânico em que todas as causas físicas, químicas e térmicas produzem efeitos respectivos. O carrapato é sim, um intérprete que seletivamente (segundo um código inato) interpreta as mudanças físicas,

químicas e térmicas de seus receptores como signos. Uexküll os chama de “signos perceptivos” que se referem a (ainda não percebíveis) “pistas perceptivas” de um objeto como uma contrapartida a um comportamento específico. Assim, os três signos perceptivos estruturam o futuro aberto passo a passo, servindo como uma diretriz do comportamento do carrapato.

Cada um dos três processos de interpretação descreve um processo integrado e coerente, um processo sígnico ou semiose, em que o carrapato, como sujeito capaz de operar e perceber, e o mamífero, como objeto acessível à percepção e operação do carrapato, determinam um ao outro – como sujeito e objeto. “O objeto é envolvido na operação apenas porquanto deve possuir as qualidades necessárias que, por um lado, podem servir como portadores de pistas perceptivas e, por outro lado, como portadores de pistas operacionais”. Assim, para o sujeito a pista perceptiva é caracterizada pelo fato de que pode ser extinta por uma pista operacional.

Para descrever as operações do processo sígnico como um todo em um modelo, Uexküll concebeu o “círculo funcional”, onde o sujeito é um intérprete que recebe sinais do seu ambiente por meio de “órgãos perceptivos” (receptores), segundo a espécie biológica do intérprete (carrapato) e, dependendo de sua disposição individual, que serve como um interpretante (fome, sede, estímulo sexual), os sinais ganham uma significação ao ser signo. Portanto, ao designar uma significação, o sinal é codificado como um signo perceptivo que indica um “objeto” (comida, presa, parceiro sexual etc.) ainda não percebido ou uma de suas várias qualidades que servem como um ponto de referência apto à pista operacional de um comportamento adequado.

Inicialmente o Sujeito concede ao objeto uma pista perceptiva e em seguida uma pista operacional. Assim, propriedades particulares do objeto se tornam portadoras de pistas perceptivas, já outras se tornam portadoras de pistas operacionais. Visto que todas as propriedades de um objeto estão bem ligadas por meio da estrutura do objeto, as propriedades representadas pela pista operacional devem exercer sua influência por meio do objeto sobre as propriedades que carregam a pista perceptiva,

bem como modificar a pista perceptiva em si. Assim a pista operacional extingue a pista perceptiva. O objeto tal como é percebido, com todas as suas qualidades variadas e objetivamente determináveis, surge no processo sýgnico, que é representado pelo círculo funcional, apenas como uma “estrutura conectora objetiva” – como um elo entre a pista operacional e a perceptiva –, e mesmo esse elo ocorre no processo sýgnico apenas como a influência da pista operacional sobre a pista perceptiva. Aqui se identificam os elementos envolvidos em um processo sýgnico e cujo sistema de interações constitui a unidade da semiose:

1. O organismo como sendo um sujeito, o intérprete;
2. Os sinais ambientais como sendo signos, o interpretandia;
3. As condições biológicas do organismo como uma disposição comportamental, o interpretante.

Ao se tentar identificar o objeto (interpretatum), com os conceitos conhecidos, verifica-se que, para o intérprete (o carrapato) tal objeto definitivamente não existe. Seu “objeto semiótico” difere fundamentalmente dos objetos estáticos que os seres humanos, como observadores podem perceber. Para o observador humano, no exemplo de Uexküll, o mamífero que passeia pelo local do carrapato sobre a árvore permanece um objeto constante, com aparência espaço-temporal idêntica, durante todo o processo de observação. Em contraste a isso, para o carrapato o objeto semiótico tem uma estrutura temporal no curso do qual seu aparecimento espacial é submetido a uma mudança, ou seja, ele aparece e desaparece enquanto interage com o sujeito segundo um programa fixo. Inicialmente o objeto aparece como o odor provocado pelo suor do animal, que em seguida desaparece quando o objeto é transformado nos pelos do animal. Tão logo o carrapato alcance a fonte de calor, as propriedades táteis desaparecem novamente e o objeto se transforma no tecido de onde se extrai o sangue, figura 3.3. Contudo, a dificuldade em identificar o objeto de uma biossemi-

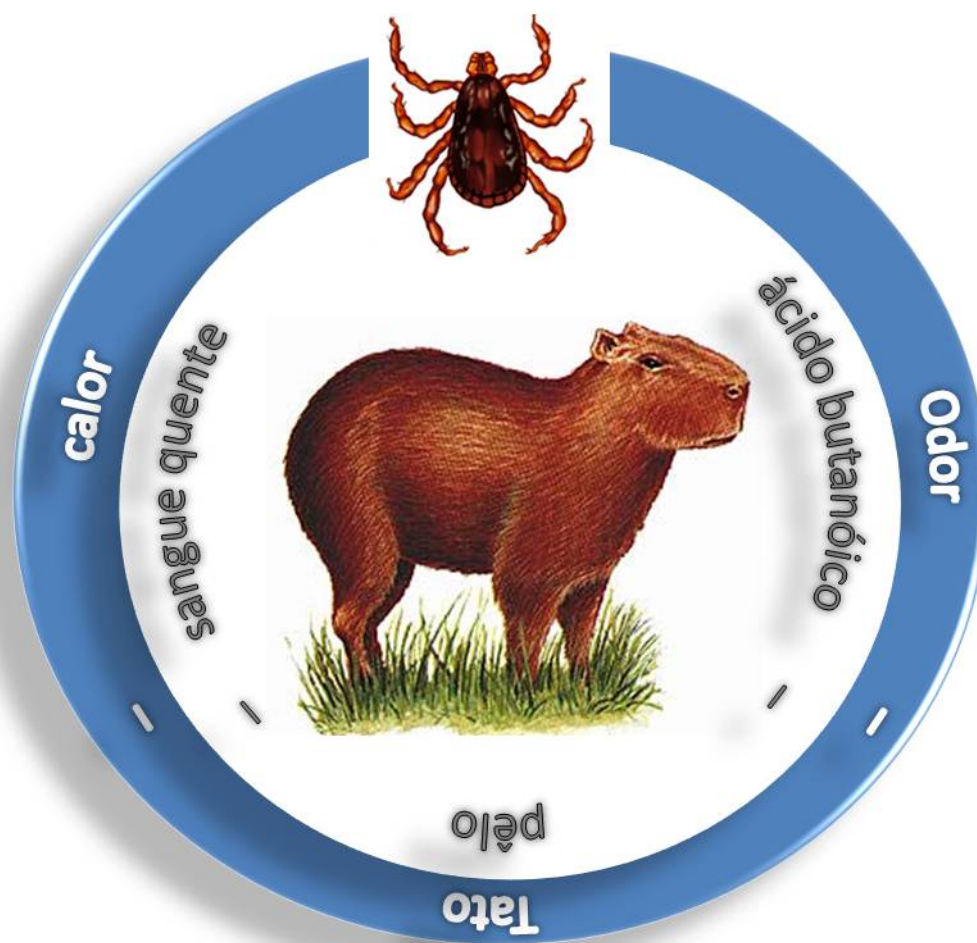


Fig. 3.3: Sinais, Signos e Objetos

ose em termos das expectativas inerentes à semiótica dos processos sígnicos humanos também pode ser proveitosa. Ela chama a atenção para o fato de que o objeto é uma abstração, que é definida como um significante e existe somente na mente humana como um todo coerente definível distintamente em espaço e tempo. Na experiência imediata do homem, um “objeto semiótico” é que define o processo em que a abertura do futuro diminui gradualmente, quando a probabilidade do prognóstico inerente ao programa aumenta progressivamente.

A despeito dos três termos da tríade de Peirce – signo, interpretante e objeto significado – e um quarto representando o intérprete que está mudando, dois outros termos importantes podem ser extraídos do exemplo: o código e o contexto que se

submete a uma modificação essencial. O código de um carrapato pode ser descrito como um sistema de três signos, sendo cada signo composto da “sensação” de um receptor (um signo olfativo, um tátil e um perceptivo termo-sensível) e das respostas comportamentais correspondentes, os signos operacionais, quando o “objeto semiótico” é formado, transformado e desaparece novamente.

Exatamente como os signos do código Morse estão para os signos do alfabeto, os signos do código do carrapato correspondem a certos processos químicos, físicos e térmicos do ambiente (ácido butanoico, a oposição de obstáculos e a radiação do calor). Os últimos três processos são também descritos como “sinais”. Uexküll denomina-os “portadores sígnicos” ou “portadores semânticos”. Cada componente de um objeto orgânico ou inorgânico vai se tornando, enquanto portador semântico, um “complemento” no corpo do sujeito que serve de usuário semântico [Thu04].

Além do código que representa o conjunto dos signos, pode-se encontrar uma sequência fixa em que os diferentes signos são encadeados. Para que a semiose seja induzida e prossiga, é essencial que a sequência permaneça inalterada. Isso quer dizer que os signos devem ser arrumados como termos de um “texto” a fim de se tornarem signos para o carrapato definitivamente. Apenas após o odor do ácido butanoico ser percebido e respondido pela queda do carrapato é que os signos táteis podem ser percebidos e respondidos por seu desemborcamento etc. Tal sequência representa então, um “programa” em que os signos devem seguir a fim de serem reconhecidos como tais, ou seja, apenas por meio desse programa é que um “sentido” total pode ser concedido às “significações” individuais.

Essa estrutura de inter-relações é descrita como um “contexto”, que se refere à totalidade das ocorrências ambientais em que o “texto” está embutido e do qual recebe a “matéria-prima” de sinais e portadores sígnicos que, após terem recebido uma significação, são traduzidos em signos individuais. No exemplo de Uexküll, o “texto do carrapato” está relacionado com o “contexto” de certas ocorrências na natureza, como o signo perceptivo “odor do animal” (o sinal codificado “ácido butanoico”)

e relacionado com o contexto do surgimento de um mamífero; o signo perceptivo “resistência tátil” refere-se aos obstáculos de seu couro peludo; e o signo perceptivo “aquecido”, que introduz a frase final de seu texto, corresponde à porção nua da pele servindo de fonte de sangue nesse contexto ambiental.

O texto do “programa do carrapato” demonstra o “universo subjetivo” do carrapato, em que o mamífero aparece como objeto semiótico composto de três processos sógnicos sucessivos. O contexto que deve ser produzido pelo ambiente para o texto a ser descrito, representa a “contrapartida objetiva” ao universo subjetivo do carrapato, ou o que o observador humano pode identificar como uma “contrapartida” em seu ambiente humano. Esse contexto corresponde ao que descrevemos como um nicho. Por um nicho entendemos uma seção da natureza que fornece os recursos essenciais para que um ser vivo ou uma espécie sobreviva, se reproduza e onde os perigos são mantidos dentro de limites toleráveis. Os tipos de recursos e perigos que permitem a uma seção ambiental tornar-se nicho dependem do ser vivo individual ou de sua espécie.

3.1.1 Heteronomia e Autonomia

O fato dos sistemas vivos atuarem como intérpretes que respondem a signos e que não estão, ao contrário dos mecanismos, sujeitos aos efeitos de forças, realça a diferença entre fenômenos orgânicos e inorgânicos; no mundo inorgânico, modificações que observamos sobre um objeto podem ser atribuídas a causas que agem do exterior sobre ele. Para os seres vivos, contudo, efeitos externos só são importantes se, como estímulos, encontrarem uma disposição à receptividade ou seja, se puderem ser convertidos em signos. No primeiro caso, fala-se de “heteronomia” para denotar que a regulação do “comportamento” do objeto inanimado está sujeito a forças externas. No segundo caso, no entanto, o termo aplicado é “autonomia”, para enfatizar que a lei da atividade deve ser buscada no organismo em si.

Uexküll relevou que mesmo a célula, com sua estrutura “simples”, responde de um modo muito mais autônomo que heterônomo, ao que ele se referiu como as “ego-qualidades” da célula. Assim, ele explicou o fenômeno que em ciência moderna é descrito como a capacidade dos sistemas vivos de distinguir entre o “ego” e o “não-ego” ou, em outras palavras, de responder à qualidade do “não-ego” de um modo “auto-preservativo”. Sob o ponto de vista semiótico, isso significa que os sistemas vivos não só possuem códigos específicos da espécie, mas também que usam seus sub-códigos servindo ao propósito de interagir com diferentes objetos de seu ambiente, tais como presa, inimigo ou parceiro sexual, de um modo específico, ou seja, segundo a disposição comportamental específica do sistema.

Para os sistemas vivos, mesmo para uma única célula, o código específico do sistema tem, portanto, o efeito de um programa privado. Os receptores servem como codificadores para a recepção individual do sistema, ou seja, eles ligam sinais a significações que correspondem às condições específicas (disposições comportamentais) do sistema. Em outras palavras, os signos recebidos por sistemas vivos são, de certo modo, mensagens “privadas” que só podem ser compreendidas pelo receptor.

Células do mesmo tipo ou organismo tem conseqüentemente, por assim dizer, uma competência “individual” e uma “coletiva”. Assim, todas as células imunológicas são capazes de identificar células estranhas que entram no organismo como “estrangeiras”. O tipo de reação às células estranhas, contudo, depende da disposição comportamental individual (“privada”) de cada célula. A incrível variedade de anticorpos, com suas funções altamente diferenciadas, e a capacidade de interação entre várias células são evidências da competência sígnica individual de cada célula que vai sendo adquirida no decorrer de sua própria maturação. Isso é de importância tanto teórica quanto prática, sendo que esta emerge da observação que tanto a competência sígnica “coletiva” homogênea em nível de tipo de célula, quanto a “individual”, variavelmente diferenciada, são pré-requisitos essenciais para o desenvolvimento de organismos multicelulares com órgãos diferenciados por função.

Celulas nervosas e imunológicas, por exemplo, devem, como qualquer outra célula de um órgão de um organismo, responder segundo suas funções individuais e seu tipo específico. Quanto as suas funções individuais, como uma célula retiniana, um leucócito-T, ou uma célula do músculo cardíaco por exemplo; e segundo seu tipo específico como as células nervosas, imunológicas e musculares, por exemplo.

3.1.2 Meta-interpretações

A exemplo do que ocorre com o observador humano tentando descrever determinados comportamentos de terceiros, as descrições de todos os processos sónicos em que o observador não é o intérprete original, são interpretações de interpretações, ou seja, “meta-interpretações”, como por exemplo a análise dos acontecimentos ocorridos com o carrapato e o mamífero relatado por Uexküll [Thu04]. Este conceito é especialmente importante quando se propõe estudar a codificação para posterior transferência de um conhecimento específico. Na proposta de se interpretar uma obra de arte, utiliza-se a base de conhecimento do observador que, muitas vezes, busca a identidade interpretativa do autor.

Na hermenêutica de uma obra, o intérprete tem que reagir reflexivamente, estabelecendo a co-determinação existente na obra – uma interna, entre partes e todo, e outra externa, entre o todo e a totalidade cultural que o intérprete subentende como parte e que é vista como o universal do qual extrai inteligibilidade, a particularidade em que se constitui a obra; aqui o interno e o externo se fundem. Sujeito e objeto se determinam mutuamente no processo hermenêutico, neutralizando-se como entidades independentes e exteriores uma à outra. Para levar adiante a tarefa hermenêutica, é preciso abandonar a ingenuidade objetivista, com o reconhecimento da necessidade de investigar a própria tradição ao projetar-se para a compreensão. Aqui, dar-se-á a co-determinação entre a interpretação e a hermenêutica da própria interpretação, uma meta-interpretação. É esperado o imenso universo de combinações possíveis

provenientes do conteúdo cultural e da experimentação de cada observador ao se interpretar uma obra, mas a questão aqui não é sobre a possibilidade simplesmente de se duplicar tal evolução interpretativa mas sim do desafio de codificar, traduzir e transferir tal formação entre diferentes observadores.

Na figura 3.4 pode-se observar um grupo de golfinhos, o que requer uma leitura não necessariamente imediata da obra de arte e que pode ainda não ser interpretada de um observador para outro dependendo de suas habilidades visuais e cognitivas. Uexküll utiliza o exemplo da capacidade que uma aranha tem de tecer e envolver

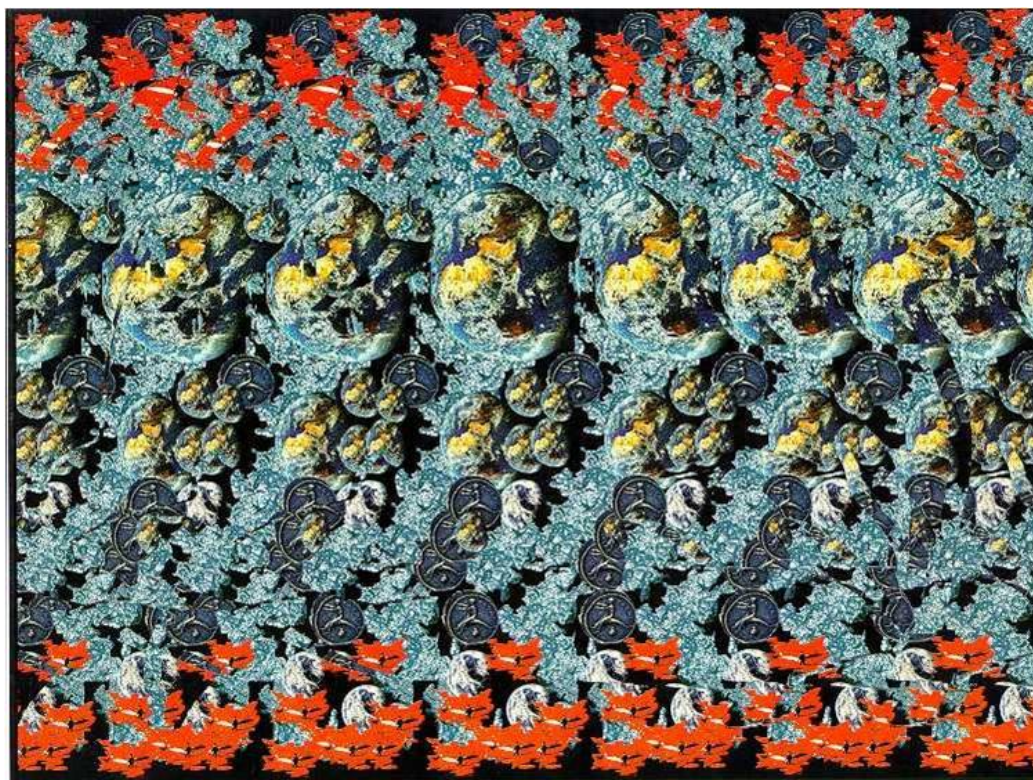


Fig. 3.4: Hermenêutica de uma obra de arte

sua vítima, para ilustrar a diferença entre as condições humanas e biológicas. A aranha constrói sua teia de modo a se ajustar ao corpo da presa, já um alfaiate tira as medidas de seu cliente e as transfere a um pedaço de papel que servirá de molde para seu trabalho, sob medida, de recortar o tecido e costurar as partes num todo. O terno completo representa assim uma cópia perfeita do corpo do cliente.

Ele releva a técnica humana que se utiliza de um recurso tecnológico em contraste com a “aranha alfaiate”, a qual é capaz de conceber uma cópia perfeita da mosca, sem contar com nenhum apoio técnico logístico, como os utilizados pelo homem. A aranha nem mesmo consegue estabelecer uma relação entre suas medidas e as da mosca, totalmente diferentes, mas é capaz de correlacionar o tamanho das malhas com o tamanho do corpo da mosca e ajustar a força elástica dos fios trefilados por ela à força ativa do corpo da mosca viva. Uexküll continua, em seu trabalho, ressaltando o fato de que a aranha entrelaça sua teia mesmo sem jamais ter visto o corpo de uma mosca antes. Uexküll comparou o procedimento metódico da aranha entrelaçando sua teia com o processo sistemático da formação germinal, que “em todos os animais multicelulares começa com os três compassos de uma simples melodia: morula, blástula e gástrula”, e assim destaca que “a sequência do desenvolvimento morfogênético” implica uma contagem que, embora não perceptível pelos sentidos, determinam percepção sensual. O termo “contagem” é usado para se referir a uma regra que rege o processo de composição de texto de letras ou uma melodia de tons. “Contagens” como essas, direcionam qualquer ser humano que compõe um texto ou as notas de uma melodia sendo composta.

As contagens que aqui determinam a sequência perceptível das letras ou notas não podem ser percebidas enquanto direcionamos nossa atenção as letras ou notas individuais apenas. Contudo, no momento em que entendemos as letras como elementos de palavras e frases, podemos facilmente ler a significação de um texto ou podemos, tratando-se de notas, ouvir a melodia como uma unidade. Aqui, a contagem tem sido concebida por seres humanos e a técnica de registrá-la no papel tem sido aprendida e praticada; o texto transporta sua significação em um idioma que nos é familiar. As contagens para o projeto da teia de aranha bem como os arranjos e rearranjos de um organismo, contudo, não foram concebidos por seres humanos, nem técnica humana alguma contribui para a sua realização.

Em ambos os casos, estamos preocupados com textos cuja significação se decifra

quando se compreende a teia ou o organismo como uma unidade. Os signos enfileirados em uma cadeia de DNA são rearranjados e recombinados no decorrer do desenvolvimento de uma célula; tem-se a impressão de estar em uma posição que permite observar textos biológicos escrevendo-se e reescrevendo-se durante o processo de organização, segundo a contagem para compor um sistema vivo. Os misteriosos processos descritos por tais termos como plano, melodia e contagem não perdem nada de seu caráter misterioso, contudo, eles se tornarão mais familiares ao se lembrar que eles se referem a estruturas de organização subjacentes a sistemas. A teoria dos sistemas mostra que no momento em que os elementos são integrados em um sistema, surgem novas qualidades que são desconhecidas no nível de seus elementos. Planos, melodias e contagens descrevem estruturas de organização para elementos em um sistema.

3.1.3 A Epigenética e a herança de características adquiridas

O exemplo utilizado por Uexküll, ao se referir à aranha e suas habilidades para modelar e construir, pode ser considerado como formas de conhecimento consolidada no genótipo daquela espécie e, portanto, transmitida às futuras gerações, principalmente pelo fato de que não se conhece qualquer processo de treinamento para tais procedimentos. A adaptação das espécies, proposta na teoria da evolução de Darwin, em seu livro “A origem das espécies” publicado em 1859, considera três mecanismos básicos de mudanças: a seleção natural, deriva genética e o fluxo gênico. A seleção natural favorece genes que melhoram a capacidade para a sobrevivência e reprodução. A deriva genética é uma mudança aleatória na frequência de alelos, causada pela amostragem aleatória dos genes de uma geração durante a reprodução, e o fluxo gênico é a transferência de genes entre (e dentro de) populações. Estes são considerados processos relativamente lentos; um exemplo disso é a árvore filogenética recente da espécie humana que tem mais de seis milhões de anos. Assim, pode-

se considerar que a capacidade intelectual de uma espécie em um momento de sua evolução, de modo simplificado, pode ser constituído pelo conjunto de habilidades consolidadas no genótipo e pelo conhecimento adquirido durante sua vida através de suas relações e experiências com o ambiente e outros seres. A árvore fitogenética

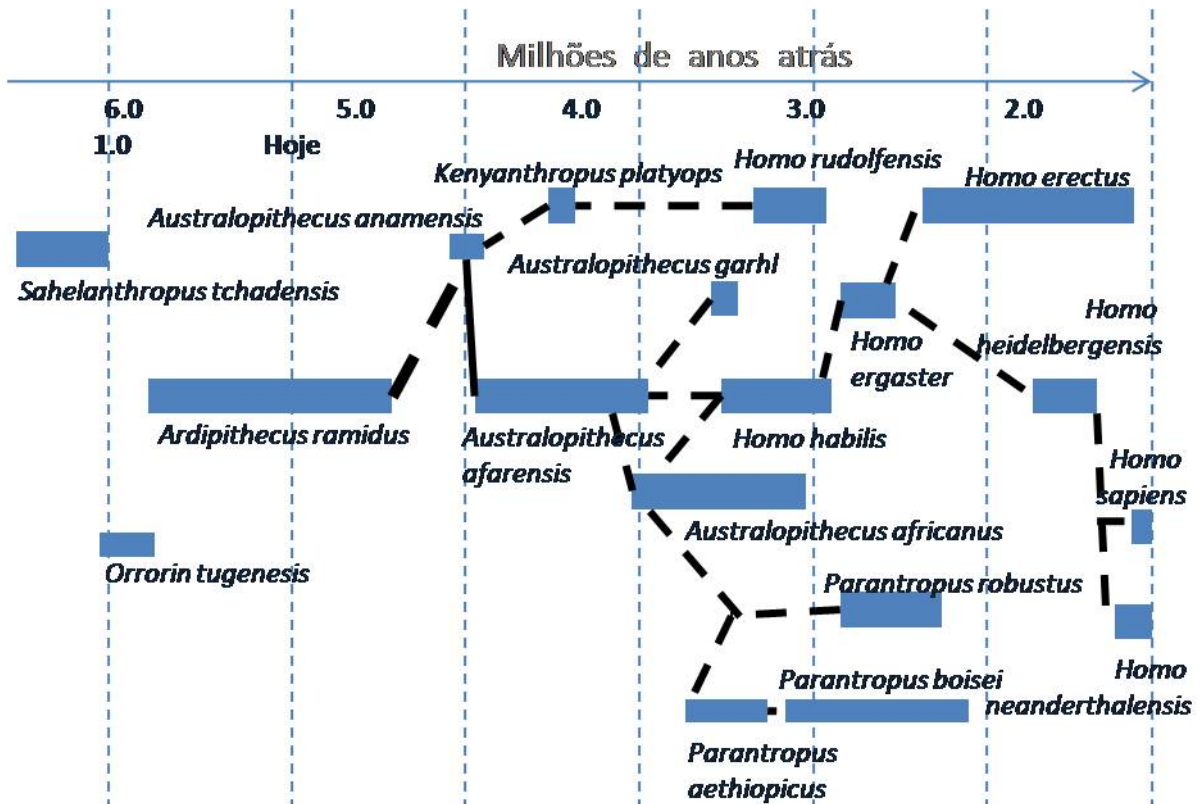


Fig. 3.5: Árvore fitogenética da espécie humana

da espécie humana, figura 3.5, acumula mais de seis milhões de anos, no entanto, a coletânea do conhecimento humano tem crescido de maneira exponencial com o volume e a disponibilidade da informação. Estudos recentes demonstram que o volume de informação digital mundial previsto para 2011 deve ser 5 vezes o volume existente em 2006, figura 3.6, onde as novas tecnologias, os meios de comunicação e a crescente demanda por novas descobertas científicas alavancam a taxa de crescimento do conhecimento e do volume de informação a ser assimilada pelo ser humano [IDC08]. Como acomodar esta explosão de informação? Um grande desafio para a ciência poderia estar na capacidade da espécie humana de incorporar conhecimento

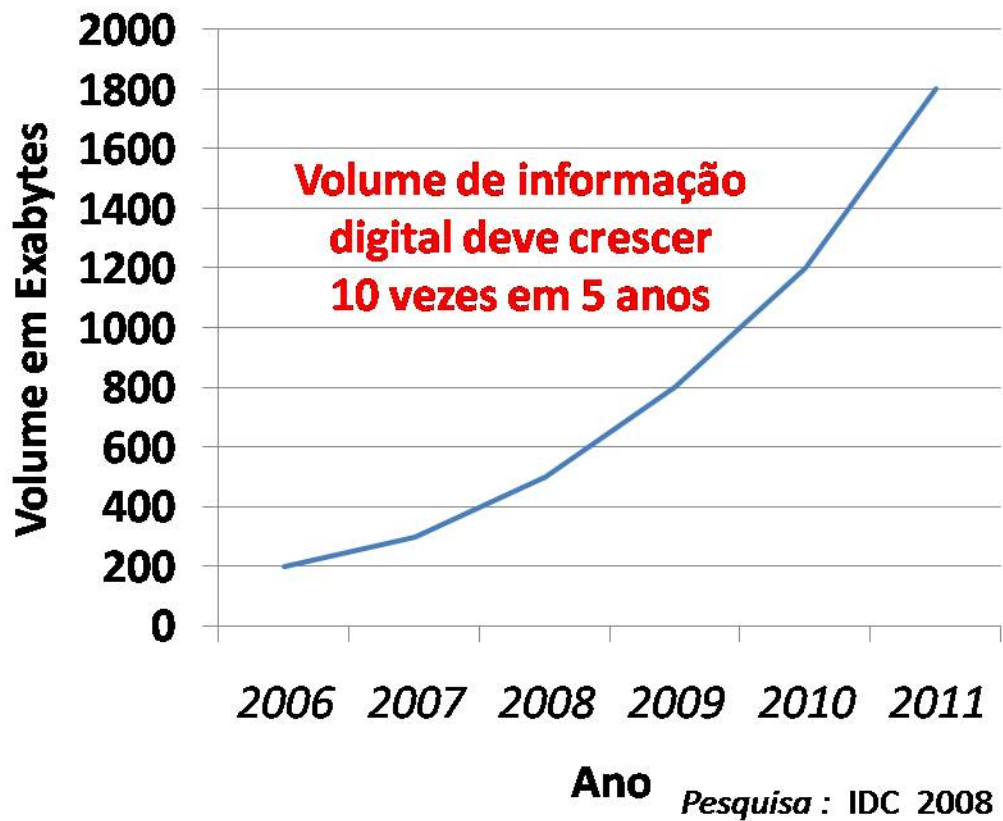


Fig. 3.6: Volume de informação digital em 5 anos

ao conteúdo hereditário, acelerando o processo evolutivo e reformulando definitivamente o modelo educacional que passaria assim, a ser incremental e não cumulativo como o atual. A estrutura em dupla-hélice do DNA, descrita por James Watson e Francis Crick, em 1953, deram origem ao chamado determinismo genético, ou seja, os genes determinariam nossas características, que não poderiam ser alteradas. Esta explicação, no caso humano, ganhou dimensão de doutrina ao inspirar experimentos eugênicos nazistas e o darwinismo social, que diz que o status social é decorrente de aspectos biológicos e, portanto, imutável. Assim, o determinismo genético dá muito poder à biologia e muito pouco aos nossos valores e arranjos sociais e, desse modo, o biológico é responsabilizado pelas questões sociais [Mel03]. O conhecimento genético, no entanto, caminha no sentido de apontar uma complexidade que vai muito além dessa correspondência direta entre genes e características. Genes podem dar origem

a produtos diferentes; diversos fragmentos do DNA podem ser responsáveis pela produção de um mesmo composto; os mesmos genes se comportam diferentemente em células de tecidos distintos e podem ser ativados ou desativados; outras estruturas, além do DNA, desempenham papéis fundamentais na regulação de reações de síntese de proteínas, como os RNAs, que são modificados ao longo da vida e não são transmitidos hereditariamente.

A “Biologia Sistêmica” surgiu com o Projeto Genoma Humano, e pretende catalogar inúmeros níveis de interações existentes em um organismo através de análises quantitativas nas quais componentes de um sistema biológico interagem funcionalmente ao longo do tempo. Sistemas estes que são formados por grupos de elementos independentes, mas interligados e que funcionam juntos para compor um todo unificado. Enquanto a biologia sistêmica lida com o genoma como um todo, outra nova disciplina, a epigenética, focaliza as interações entre genes e ambiente. O prefixo “epi” tem origem grega e significa “em adição a”. O termo Epigenética refere-se a um conjunto de fatores que atuam em conjunto com a sequência do DNA na determinação da função dos genomas em Eucariotos. As alterações epigenéticas geram um “Epigenoma” onde o principal mecanismo é a metilação, processo químico que liga ou desliga os genes. O estudo da epigenética propõe que a unidade hereditária não seria apenas a sequência de DNA do gene, mas ele em associação com suas modificações covalentes e com as modificações da cromatina, estrutura formada pelo DNA e proteínas que compõe os cromossomos, que empacota o gene. Desta forma, os genes não comandam nosso destino.

Influências ambientais como nutrição, estresse e emoções podem influenciar os genes ainda que não causem modificações em sua estrutura. Os epigeneticistas já descobriram que essas modificações podem ser passadas para as gerações futuras da mesma maneira que o padrão de DNA é passado pela dupla espiral. Desde a década de 1940, os biólogos vem isolando o DNA do núcleo das células para estudar os mecanismos genéticos. O processo buscava abrir a membrana do núcleo e remover os

cromossomos, compostos metade de DNA e metade de proteínas reguladoras, onde o DNA era o objeto de estudo e não as proteínas. Hoje ao estudar as proteínas dos cromossomos, verificou-se que estes desempenham um papel tão crucial na hereditariedade quanto o DNA. Há portanto, dois mecanismos pelos quais os organismos transmitem suas informações hereditárias. Ambos permitem aos cientistas estudar tanto as contribuições da natureza – genes – quanto as do aprendizado – mecanismos epigenéticos – sobre o comportamento humano. Efeitos epigenéticos estão sendo cada vez mais estudados, pois acredita-se que representam uma força evolutiva importante. Os mecanismos não estão de todo esclarecidos, mas já foi comprovado que os efeitos de alguns hábitos dos indivíduos durante a vida podem definir características que podem ser transmitidas a seus descendentes. A herança epigenética seria um mecanismo marcante de como fatores internos e externos interagem para determinar efeitos nos indivíduos. Assim, a epigenética acabou trazendo à tona uma antiga teoria do “Uso e do Desuso” de Lamarck, que afirmava que características adquiridas durante a vida podem ser transmitidas para as próximas gerações. O Projeto Genoma, mais do que um fim, representou um recomeço da investigação sobre o complexo funcionamento de organismos vivos. Após estudar o conjunto da informação genética humana, ficou claro que, mais do que genes, estes seres são também o ambiente, a sociedade, as suas decisões. Nessa relação com o ambiente, Uexküll definiu o “círculo funcional” como um modelo para a contagem segundo o qual, os animais integram seus automundos compostos de sinais e portadores sígnicos recebidos de seu ambiente. Ainda segundo Uexküll, a melodia da contagem do “círculo funcional” tem quatro compassos: signo perceptivo, pista perceptiva, signo operacional e pista operacional, figura 3.7. Assim, um novo verso começa com um novo signo perceptivo continuando a melodia, ou o texto, com os mesmos quatro compassos. Tratando-se da pista perceptiva, uma seção do ambiente é incorporada ao sistema como um objeto semiótico. A pista operacional utilizará o signo segundo a significação que ele tem para o sistema, assim o digerindo e descarregando novamente. Desse modo, a

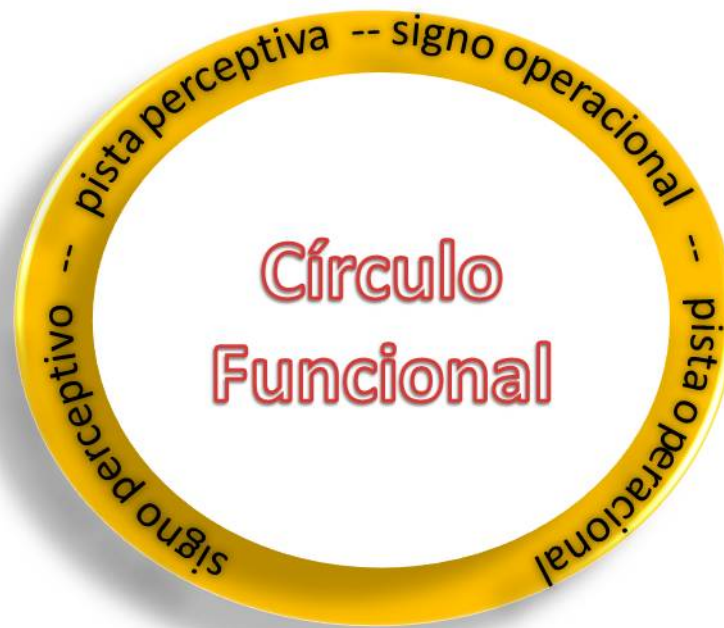


Fig. 3.7: Círculo Funcional de Uexküll

biossemiose pode ser descrita em termos das atividades presentes em uma “segunda pele” envolvendo o organismo de um animal com uma “sólida e invisível camada ambiental”, construindo então, um espaço de orientação para o comportamento motor do animal que o habilita a se mover continuamente em busca da presa, a fugir do perigo etc, figura 3.8. Nesse sentido, os órgãos perceptivos dos animais devem projetar pistas perceptivas indicando objetos do ambiente que, dessa maneira, ganham significado e que podem ser identificados pelas “pistas operacionais” a medida que ocorrem em cada interação com o meio ambiente.

Uexküll se refere aos vegetais para descrever um outro modelo, o retroativo, onde não existe o círculo funcional, elemento este exclusivo do automundo animal. Assim, os vegetais que não possuem nenhum órgão operacional capaz de movê-los de um lugar para outro, e que não estão portanto, nem aptos a abordar objetos nem a fugir deles, não constroem automundos. Eles tão somente formam tegumentos habitáveis produzidos pelos receptores da superfície celular de sua camada envoltória, figura 3.9. Aqui só se verificam os “signos perceptivos” e os “signos operacionais”, já que não



Fig. 3.8: A biossemiose

possuem qualidades espaciais de “pistas perceptivas” e “pistas operacionais”. Como consequência, o modelo para esses processos sígnicos fitossemióticos não é o círculo funcional, que descreve a semiose através das pistas perceptivas e operacionais para objetos, mas sim o sistema retroativo. Trata-se de descrever um processo sígnico em que os signos perceptivos são codificados por um receptor (o sensor do sistema cibernético) e os signos operacionais, mediante a atividade de um efector (o dispositivo regulador do sistema cibernético), ajustam o valor real de um sistema variável (o tegumento habitável de um vegetal ou célula) de modo a fazê-lo concordar com o valor referencial requerido. Podemos alcançar uma introversão mais profunda sobre as condições vivas intrínsecas dos vegetais se nos imaginarmos como cegos, surdos e completamente paralisados. Em um estado como esse, dependeríamos exclusivamente dos sinais sensoriais de nossa pele. Deste ponto de vista, nossa pele representa um tegumento habitável ao redor do qual nossos olhos, ouvidos e o movimento de nossos membros com suas “áreas táteis”, compõem uma segunda camada envoltória,

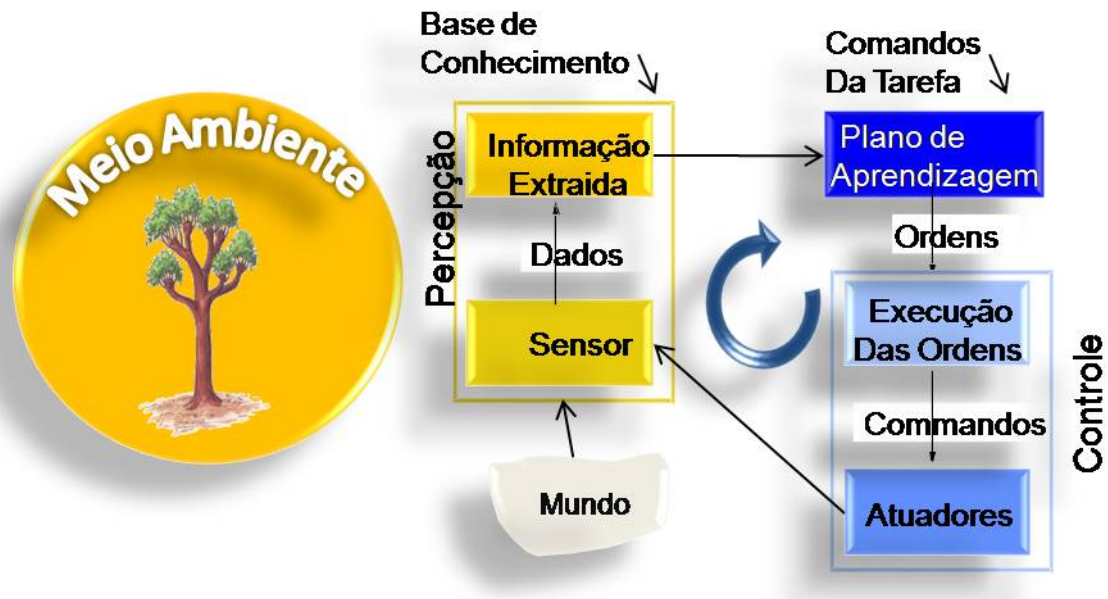


Fig. 3.9: Tegumento habitável e um modelo de supervisão

embora invisível ao observador externo. As proposições e os modelos apresentados por Uexküll em 1936 são fundamentos importantes que serão utilizados para as definições do protocolo semiótico objeto deste trabalho. São conceitos propostos há mais de 70 anos mas que servem até hoje como base para a teoria de sistemas., figura 3.10. Cada ser humano, dando uma olhada ao redor de um campo aberto, permanece no meio de uma ilha redonda com a esfera celestial azul acima. Esse é o mundo concreto em que o homem está destinado a viver e que contém tudo que ele é capaz de ver com seus olhos. Esses objetos visíveis estão dispostos segundo a importância que tem para sua vida. Tudo que está perto e pode ter efeito sobre o ser humano está presente em tamanho natural. Todos os objetos distantes e portanto inofensivos são pequenos. Os movimentos de objetos distantes podem continuar invisíveis para ele, enquanto ele está atento aos que lhe são próximos. Objetos que o abordam invisivelmente, pois estão encobertos por outros objetos, produzem barulhos, ou cheiro, que podem ser notados por seus ouvidos e nariz respectivamente, quando enfim estão bem próximos por meio de seu sentido de toque. O ambiente próximo é



Fig. 3.10: Analogia à teoria de sistemas

caracterizado por um muro protetor de sentidos que se torna cada vez mais denso. Os sentidos do toque, do cheiro, da escuta e da visão revestem o ser humano como quatro camadas de um manto que se torna cada vez mais fino em direção ao exterior; assim Uexküll descreve a relação do homem com o mundo e seu automundo. Visto sob a luz da biossemiótica, o corpo (organismo), sua pele (tegumento habitável) e o universo (subjetivo) se apresentam como estruturas dinâmicas de tempo ou, em outras palavras, como textos que vem sendo escrito e reescrito por si mesmos. O ser humano também se apresenta como um texto que tem escrito a si mesmo e que se manterá escrevendo pelo resto da vida. Trata-se de um processo de aprendizado que é formado por uma experiência quase que inconsciente, similar a falar ou es-

crever um longo texto, onde o homem assume as funções dos verbos, substantivos e predicados reunidos em uma contínua corrente de novas frases. Para os estudos desta tese, a proposição de Uexküll a respeito da relação da biossemiose com uma teoria de tradução pode ter grande valor a agregar. O questionamento que desafia a análise de como o observador humano pode reconhecer, decodificar e representar processos sígnicos dos seres vivos sem distorce-los, também é uma das dificuldades para codificação e transferência do conhecimento. Um problema de tradução de um tipo específico pode ser a resposta para o dilema. Jakobson portanto, descreveu três tipos de tradução:

1. Tradução intralinguística ou paráfrase, que são traduções de signos em outros signos de uma mesma língua;
2. Tradução interlinguística ou tradução no sentido estrito da palavra, que são as traduções entre línguas diferentes;
3. Tradução intersemiótica ou transmutação, que são traduções para um sistema sígnico não-verbal. A tradução de um poema em uma melodia, por exemplo, seria uma transmutação, embora continue dentro do escopo dos sistemas sígnicos antroposemióticos.

3.1.4 Os processos sígnicos e mecânicos na relação Homem-Máquina

Um mecanismo de aprendizagem natural, primitivo e portanto básico para a espécie humana está associado ao toque. Por mais simples que esta ação possa parecer ela traz uma forte representação do recurso de manipulação e sua relação com os processos mecânicos envolvidos. Pode estar aí uma justificativa para interfaces do tipo mouse, teclados e até mesmo associações com sistemas de causa e efeito presentes nos artefatos tecnológicos educacionais “modernos”, que buscam a materialização

segundo a concepção humana como alternativa para a formação de objetos a serem utilizados na formulação de uma teoria. Uexküll mostrou que esse argumento positivista é resultado de dois equívocos.

O primeiro se refere à premissa infundada de que a física e a química revelariam a realidade (um mundo de “coisas-em-si”, de acordo com Kant) independente do observador humano. As “ciências exatas” lidam com processos sýgnicos mediante os quais interpretamos a natureza de um modo específico e bastante limitado.

O segundo equívoco é a suposição de que as interpretações físicas e químicas dos processos em sistemas vivos e as interpretações sýgnicas teóricas seriam mutuamente excludentes, de fato as duas abordagens se complementam de maneira indispensável.

Os processos físicos e químicos que estimulam os receptores de um sistema vivo são pré-requisitos para identificar os estímulos, sinais, ou portadores sýgnicos (materiais) que são codificados como signos pelos sistemas vivos. Assim Uexküll destacou o fato de que as ciências naturais nunca estão preocupadas com os objetos de seus conceitos, mas sim com seus conceitos de objetos. A realidade objetiva das ciências naturais é uma construção da mente humana, e todas as metáforas sobre as quais podemos esboçar para a interpretação dos estímulos são derivadas da experiência humana do próprio eu. Isso também se refere ao conceito de “causalidade”, visto que relações causais não podem ser diretamente observadas na natureza, assim necessitam de um processo de indução para serem inferidas. É necessário portanto examinar a estratégia por meio da qual a mente humana constrói um mundo exterior objetivo de relações causais-mecânicas. Essa investigação mostra que a estratégia de nossa mente é composta de processos sýgnicos, embora Peirce estabeleça uma distinção fundamental entre processos mecânicos (nos termos em que os fenômenos são descritos nas ciências naturais) e signos.

Peirce afirma que os processos sýgnicos são constituídos por três elementos (o signo, o *significatum* e o interpretante), enquanto processos mecânicos são determinados por dois elementos apenas (causa e efeito). Assim, argumenta ele, os três

elementos de signos nunca podem ser reduzidos a dois apenas. Essa aparente contradição pode ser resolvida ao se examinar a estratégia da mente humana que se utiliza da estrutura causal-mecânica, para compor um mundo exterior objetivo. Esse processo investigativo é fundamentado na observação de que os processos físicos e químicos podem ser “manipulados” apenas por processos do mesmo tipo.

O termo “manipular” sugere a interpretação de, tratar algo com as mãos de modo a servir ao propósito de alguém e que tem origem na experiência humana, onde a mão se apresenta como o órgão preferido para manejar objetos. Nesse sentido a manipulação sugere que as fórmulas físicas e químicas, bem como as ciências exatas, explicam a natureza pelo manejo através das mãos. Essas interpretações permitem chegar a resultados desejados e prever aqueles efeitos que são indesejados. Causas mecânicas são, no fim das contas, metáforas para o poder formativo da mão humana. Em termos sógnicos teóricos, essa conclusão significa que processos mecânicos são interpretações de fenômenos em que não apenas dois elementos (“causa” e “efeito”) são usados, mas sim três: “causa” como signo, “efeito” como significatum, e o movimento dos músculos como interpretante, como um processo sógnico real.

Uma segunda tese contra o argumento positivista, contestado por Uexküll, descreve o fato de que a estimulação de reações de um organismo pode sempre ser explicada por causas físicas e químicas. Para os positivistas ele coloca a questão: Como explicar que daqueles incontáveis processos físicos e químicos no ambiente do organismo só alguns assumiram a qualidade de causas que induzem processos comportamentais? observa ainda que, o comportamento estimulado não pode de fato ser interpretado simplesmente como um efeito passivo da causa que o induziu. Uexküll conclui dizendo que o problema portanto não está na explicação mecânica dos processos sógnicos teóricos, mas na explicação sógnica teórica das interpretações mecanicistas.

3.1.5 Um código para a Semiose de Comunicação

Identificar e transmitir um processo semiótico é a base para a transferência de uma interpretação entre seres vivos. No exemplo da semiose do carrapato descrito por Uexküll, pode-se concluir que o carrapato tem um receptor de ácido butanoico, mas não oferece nenhuma informação sobre o que o carrapato “cheira” com isso. De fato, mesmo a descrição desse processo de recepção como “cheiroso” é um antropomorfismo inaceitável, pois as qualidades interiores de sensações de outro ser vivo permanecem inacessíveis ao observador humano.

O tipo de semiose que permite ao transmissor e ao receptor compartilhar suas funções semióticas é conhecido como “semiose de comunicação”. Nesta, ambos (transmissor e receptor) são também receptores de informação sobre o interpretante, que atribuem a significação intencionada pelo transmissor aos signos transmitidos, constituindo-se assim como base fundamental para as atividades colaborativas. Por outro lado, a análise comparativa mostra que as interpretações causais-mecânicas são conhecidas como “semioses de informação”, por que o observador identifica as causas responsáveis pela estimulação de reações em sistemas vivos. Elas interpretam seções do ambiente do ser vivo observado como movimentos que estimulam manipulações e podem ser estimulados por elas, e que podem reproduzir a reação observada.

Outros sinais importantes a serem classificados neste estudo são os transmitidos por um ser vivo por meio de seu comportamento ou sua disposição, sem direcioná-los rumo ao receptor esperado para responder. São sintomas que dão origem à “semiose sintomática” que permitem ao observador receber indicações do estado ou condição do ser vivo que emite os sinais. A identificação das causas físicas e químicas pode ser o primeiro passo na investigação do processo biossemiótico, e é essencial para o desenvolvimento da interpretação. O próximo passo é uma semiose de sintomatização que interpreta o comportamento ou a disposição do ser vivo observado como um sintoma de uma necessidade biológica. A necessidade corresponde ao interpretante,

que em biossemiótica designa uma significação a um sinal físico ou químico (de acordo com a necessidade) e dessa forma converte o sinal em signo.

A semiose da informação e a semiose da sintomatização são dois passos indispensáveis e complementares em cada biossemiose. Elas permitem que o observador reconstrua o processo sógnico dos seres vivos observados por ele. Essa reconstrução, contudo, apenas lhe fornece a estrutura exterior e não a interior da biossemiose. Característica essa que será explorada na formação do protocolo semiótico que se deseja demonstrar neste trabalho de doutorado. O signo é composto de duas metades das quais uma é “aistheton”, perceptível (sensitivo), e a outra “noeton”, apreensível (ou racional) denominados respectivamente, o signifiant, um efeito perceptível sobre ao menos um dos órgãos sensitivos do intérprete, e o signifie.

Pode-se compreender os signos de outros seres vivos se conseguirmos decodificar a estrutura exterior da semiose. Contudo, para que se possa perceber um signo estrangeiro (uma percepção de outro ser vivo) seria necessário a existência de um processo de codificação e decodificação entre os sistemas sensoriais. Uexküll acreditava que isso não seria possível devido ao caráter privado inerente a cada signo, no entanto, as técnicas desenvolvidas para conexões de ambientes complexos, cujas linguagens e interfaces assumem até diferentes definições, torna possível acreditar na concepção de um protocolo a ser utilizado na transferência da percepção, ainda que intermediada por um ambiente eletro-eletrônico. Porém, para que este objetivo seja idealizado é necessário que este protocolo possa ser aprendido pelos intérpretes envolvidos, o que não caracteriza necessariamente uma meta-interpretação.

Traduções de processos sógnicos zoo ou fitossemióticos, por exemplo, em linguagem humana são interpretações de interpretações estrangeiras. Essas podem ser denominadas como “meta-interpretações”, que foram também utilizadas por Uexküll na definição do modelo do círculo funcional. Nele, os processos objetivos físicos e químicos, que são diretamente acessíveis ao observador, são representados pela “estrutura conectora objetiva”. A estrutura conectora objetiva continua externa ao

“automundo subjetivo” do ser vivo observado, e está envolvida em seu processo sígnico apenas como uma intervenção indutora para seu signo perceptivo e como um elemento de ligação com seu signo operacional.

3.1.6 O Interior e o Exterior Semiótico

O observador de um processo sígnico pode apenas observar o canal utilizado para a transmissão dos sinais, os receptores do receptor, seu organismo e sua reação. Em princípio tudo que acontece no receptor, no intervalo entre a recepção do sinal e a reação, permanece invisível para o observador.

Todas as descrições de processos que acontecem no mundo interior do receptor, relacionadas com a resposta específica do receptor a um certo sinal, são construções que o observador projeta naquele organismo receptor de sinais que está sob observação. Assim é possível situar os conceitos de “interior” e “exterior”, que incluem as relações espaciais que descrevem o espaço que é percebido pelo observador humano e onde ele localiza o canal para transmitir os sinais, além do organismo do receptor e suas reações. Segundo Jakob Johann von Uexküll, espaço e tempo são produtos semióticos e portanto, desafiam a sua relação e composição entre sistemas sígnicos diferentes.

O observador então, tem que comparar as estruturas anatômicas e fisiológicas que ele mesmo e o ser vivo observado possuem como instrumento de sua orientação comportamental. Ele não pode pressupor a existência de tempo e espaço como fatores metafísicos. Assim Uexküll descreveu o sistema sígnico responsável por compor o espaço humano que abrange “signos organizativos”, produzidos pelas células táteis da pele e pelas células retinianas dos olhos humanos. Essas células “perceptivas” ou receptoras respondem a todos os estímulos com “signos locais”, que são projetados no mundo fenomênico como “localidades”. Assim um mapa de localidades é formado e estão conectadas pelos “signos direcionais” compondo um plano bidimensional. De-

pois que o efeito de atividades musculares causam o movimento das superfícies táteis de nossa pele, das lentes do olho, e seus efeitos são processados em relação ao mosaico bidimensional das localidades, surge então a terceira dimensão. Piaget descreveu um modelo do círculo funcional, em que funções perceptivas e funcionais interagem como um “processo circular sensório-motor” por meio do qual os fenômenos além da superfície do corpo podem ser “assimilados” como “objetos”. Estes objetos são temporariamente integrados ao sistema vivo como elementos de sua estrutura a ser localizado no interior, compreendido, transformado, para ser “manipulado” por dentro.

O “espaço” é uma abstração que a mente humana compõe como um esquema de orientação para a imaginação. Isso cria assim um “receptáculo” em que se armazena objetos ausentes para manipulação imaginária (operações experimentais, nos termos de Freud). Portanto, se o espaço e o tempo são produtos de semioses específicas, devemos levar em consideração que cada sistema sígnico é definido por seu código e apenas aqueles que conhecem o código podem entender as mensagens transmitidas pelos signos desse sistema. Eles estão inseridos (inclusos) nesse sistema sígnico. Aqueles que não conhecem o código são tratados pelo sistema como intrusos. Eles continuam “por fora” dos limites semânticos e excluídos do sistema. Essa versão representa a situação de um observador humano que quer estudar processos sígnicos de animais e vegetais inicialmente como um “incluso” de seu sistema sígnico antroposemiótico e um “intruso” de sistema sígnico zoo e fitossemiótico, sobre o qual está o seu interesse. A extensão antroposemiótica dentro da qual ele pode observar o canal de transmissão de sinais, os receptores e o organismo do receptor bem como suas reações, inclui processos sígnicos que, na forma de processos físicos e químicos, direta ou indiretamente estimulam manipulações humanas e seus efeitos.

Dentro desse escopo, o receptor (animal ou vegetal) é representado como um sistema mecânico cujos instrumentos (mecânicos) de recepção são modificados por certos processos físicos e químicos que, desconhecidos a priori, induzem o processo comportamental no sistema mecânico.

Até esse ponto a representação é a do observador em seu “espaço” antropossemiótico, dentro do qual o receptor (o ser vivo observado) é caracterizado como uma “caixa-preta”, e considerado “intruso” do sistema sígnico antropossemiótico.

Em seguida o observador se coloca na posição do ser vivo observado, que até aqui tem sido tratado por um sistema sígnico antropossemiótico como um “intruso”, e tenta se tornar um “incluso” de seu sistema sígnico. Para tal ele precisa decifrar o código do sistema sígnico do receptor, que é inicialmente desconhecido por ele.

Cientificamente falando, ele analisa o comportamento do ser observado com um “signo perceptível”, inferindo assim a existência de uma “realidade não-perceptível”. Ele considera que o comportamento do ser observado é um sintoma da condição de seu organismo, e essa condição como uma necessidade ou disposição comportamental que converte as mudanças nos receptores em um signo.

O aspecto específico da teoria dos signos de Uexküll é a introdução do intérprete como um elemento essencial de cada semiose. O sujeito é diretamente confrontado com seu próprio mundo fenomênico. Onde não se tem acesso às qualidades de um sujeito, não se pode falar de um mundo fenomênico, mas somente de um mundo subjetivo que é composto de qualidades conhecidas. Assim se não se tem acesso aos “signos perceptivos” de outros seres vivos, será necessário descobrir quais qualidades do mundo fenomênico do observador tem importância como “pistas perceptivas” no mundo subjetivo do ser observado. Essas pistas perceptivas são tratadas por qualidades, tanto quanto isso seja possível e então incorporadas aquelas categorias inatas que se possui a priori.

3.2 Semiosfera

O conceito sobre Semiosfera foi apresentado pela primeira vez no artigo “*Sign Systems Studies*”, publicado em 1984 na Rússia pelo cientista Yuri Lotman, um semiótico da universidade de Tartu na Estônia. A comunicação entre dois *UMWEL-*

TEN (plural de *UMWELT*) foi o princípio utilizado por Lotman para a definição do termo Semiosfera, figura 3.11. Mais tarde, em 1991, Jesper Hoffmeyer iria su-



Fig. 3.11: Semiosfera vista por Lotman

gerir uma nova definição onde: “*a semiosfera é uma esfera como a atmosfera, a hidrosfera ou a biosfera; é o ambiente no interior destas esferas e consiste na comunicação: sons, odores, movimentos, cores, campos elétricos, formas de onda de todo tipo, sinais químicos, toque etc*”. A Semiosfera possui restrições ou condições limites para os “*UMWELTEN*” de populações desde que estes são forçados a ocupar nichos semióticos específicos, ou seja, eles terão que aprimorar ao máximo sua percepção visual, acústica, olfatória, tátil e de origem química para sobreviver na semiosfera. E é possível que as exigências apresentadas às comunidades, pela Semiosfera, sejam desafios decisivos para o sucesso da espécie. Os ecossistemas dinâmicos, portanto, devem incluir um entendimento particular para a operação das redes semióticas nos ecossistemas.

A linguagem é uma ferramenta importante para a evolução de uma espécie e sem a Semiosfera a linguagem não existiria. A organização interna da Semiosfera está na divisão entre o núcleo e a parte periférica desta. Existe uma fronteira entre a

Semiosfera e o mundo exterior que a rodeia. A borda da Semiosfera é representada pela soma dos filtros bilíngues, através dos quais os textos são traduzidos para outras línguas situadas fora da Semiosfera. Os níveis de Semiosferas incluem um grupo de Semiosferas interconectados, cada um deles como participantes, simultaneamente, no diálogo (parte da Semiosfera) e no espaço do diálogo (a Semiosfera como um todo).

Em um primeiro momento um signo é analisado e todos os fenômenos semióticos subsequentes são considerados como uma sucessão de signos. Um segundo ponto de vista considera como um único ato de comunicação, uma troca de informação entre o emissor e o receptor. Como resultado, a ação de troca de um signo é considerada um modelo para a linguagem natural, conforme proposto por Saussure e mais tarde definido por Revzin como: “O sujeito da semiótica é qualquer objeto que haja como um significado de uma descrição linguística”, um movimento do simples para o complexo.

A noosfera é uma parte específica no desenvolvimento da biosfera, um estágio relacionado com a atividade racional do homem. A biosfera está situada na superfície do planeta e abriga todas as coisas vivas, transformando a energia da radiação solar em química e física, e está relacionada com a transformação do material inerte e inanimado do planeta, assim a noosfera ocorre quando a atividade racional do homem adquire um fator dominante neste processo. Se a noosfera representa o espaço material tridimensional que cobre parte do planeta, então o espaço da Semiosfera tem um caráter abstrato, uma esfera processando sinais que são identificados no espaço fechado, apenas no espaço onde é possível a comunicação e criação de uma nova informação. De maneira análoga à biosfera, o universo semiótico inclui os textos individuais e as linguagens isoladas e como elas se relacionam.

Neste caso, todas as estruturas se veem como se fossem construídas a partir de módulos individuais. No entanto, a Semiosfera é um sistema maior, que é mais útil para estabelecer uma visão contrastante onde todo o espaço semiótico pode ser considerado como um mecanismo unificado. A parte interna da Semiosfera tem um

caráter abstrato, seus limites não podem ser vistos de maneira concreta, seus limites são determinados pelos filtros que fazem a tradução das línguas entre os espaços que a delimitam. A natureza isolada da Semiosfera está no fato de que uma tradução é necessária para que textos extra semióticos possam ser entendidos, ou seja, os fatos precisam ser “semiotizados”. As bordas da Semiosfera precisam ser assimiladas pelos receptores sensoriais, que transferem estímulos externos na linguagem do sistema nervoso, que adapta assim, um ator externo a uma esfera semiótica específica. No “Darwinismo” o conceito chave é o ambiente e o organismo; a vida e a evolução são seus derivados, um resultado orgânico da mentalidade da física de Newton, que tratava a relação entre objeto e espaço, e da filosofia Marxista, que tratava a relação entre sistemas sociais e ambientes sociais. De fato, Juri Lotman tinha um pensamento muito similar ao de Uexküll. Lotman formulou as três funções mais importantes do texto:

1. Comunicação: a transmissão de uma mensagem completa;
2. Memória: armazenamento de uma mensagem;
3. Criação: a produção de novas mensagens.

Além disso ele mostrou que elas são interdependentes, não sendo possível uma sem a outra. A semiose que coloca para funcionar o ecossistema da comunicação produz uma continuidade e pode ser analisada em dois níveis:

1. o plano macrossemiótico, que aponta para a imersão da ecologia da comunicação no continuum semiótico da cultura, a Semiosfera propriamente dita, o espaço semiótico necessário para o funcionamento e a existência das linguagens;
2. o plano microssemiótico, que se refere ao trabalho interno dos sistemas para estabelecer a continuidade semiótica entre os sistemas.

O termo ECOLIG, que identifica o protocolo proposto neste trabalho, tem como base a ecologia semiótica da comunicação, fundamentada pelo espaço de continuidade

formado pelas conexões micro e macrossemióticas que compõem a estrutura de um organismo. Para que seja possível entender melhor este conceito, é necessário que se conheça a semiótica da cultura, ou seja, o entendimento da cultura como texto. A ideia de que a cultura pode ser compreendida como texto foi bastante explorada pela escola de “Tartu”, Moscou, onde Lotman certamente se apresentou como grande colaborador. Nesta associação os textos culturais são codificados pelos sistemas de signos da cultura, também chamados de “linguagens secundárias” e “linguagens da cultura”. Com essa denominação, os semioticistas procuraram distinguir os sistemas de signos da cultura da língua natural, a “linguagem primária”, tomando os textos produzidos pelos primeiros como objetos de estudo da semiótica cultural, estabelecendo, assim, uma diferença fundamental entre a semiótica e a linguística.

Para os semioticistas da Escola de Tartu-Moscou, os textos da cultura não podem ser investigados a partir do paradigma da língua natural, cujos textos são codificados sempre a partir do código verbal. Os textos culturais surgem da conjunção de, no mínimo, dois sistemas de signos, duas linguagens, cujos códigos são normalmente desconhecidos pelo investigador, diferentemente dos textos baseados no código verbal. Assim as linguagens da cultura se revelam por meio do exame dos textos culturais, pois o pesquisador não conhece a priori os sistemas de signos que modelam os textos, não sabe de onde migram os códigos que lhes conferem textualidade. A diversidade das linguagens culturais é resultado do mosaico heterogêneo das línguas. Portanto os novos sentidos da cultura são resultados da combinação de códigos de diferentes linguagens, ou seja, as linguagens secundárias são os sistemas de signos culturais.

Pode-se definir assim um novo modelo de aprendizado onde a comunicação se traduz em textos codificados em diferentes sistemas de signos da cultura: a animação, a modelagem, a trilha sonora, as linguagens de programação e todos os demais sistemas de signos que cooperam para a construção de um novo modelo que inclui os recursos do ambiente “*e-learning*”. Nesse modelo, todo e qualquer texto da cultura é codificado, no mínimo, por dois sistemas, duas linguagens, são textos culturais que

entrelaçam as linguagens da cultura. Essa trama semiótica entre as linguagens da cultura é que, segundo Júri Lotman, define a Semiosfera como o espaço semiótico da cultura. Assim, na semiosfera os sistemas de signos, que são as linguagens da cultura, não funcionam como processos mecânicos. Por isso mesmo, quando analisada de um ponto vista macro, a semiosfera funciona como um mecanismo único, como um organismo. Em “*Universe of the Mind*”, Lotman retoma a ideia da semiosfera como espaço semiótico da cultura, argumentando que este não apenas é necessário à existência da semiose, mas à existência e ao funcionamento da comunicação e das linguagens. Para ele o esquema da comunicação, segundo o qual emissor e receptor estão unidos por um canal, nada diz sobre o modo como as linguagens funcionam. Lotman destaca características importantes relativas ao espaço semiótico da semiosfera:

- o funcionamento deste espaço que é semelhante ao da biosfera;
- a existência a priori de tal espaço e a interação constante de linguagens que nele ocorre;
- as próprias linguagens que interagem neste espaço, garantem o trânsito entre elas;
- o argumento de que fora do espaço semiótico não existe comunicação nem linguagem.

Se a Semiosfera é o espaço necessário para a existência e o funcionamento das linguagens, da comunicação e da geração de novos sentidos, o processo de aprendizagem que se utiliza de recursos eletro-eletrônicos, com seus códigos de linguagens específicos, deve se realizar nessa Semiosfera, como condição necessária para ocorrência desses processos de aprendizagem. É esta compreensão que nos leva a deduzir que a ecologia da comunicação em exame está inserida na Semiosfera, dela dependendo para funcionar. Em um ambiente “*e-learning*” a arquitetura eletro-eletrônica, também definida

como elementos cibernéticos, assumem papéis diversificados, podendo intermediar a comunicação entre seres humanos, e também entre outros sistemas cibernéticos e o homem.

Assim a atuação semiótica de um sistema computacional, que compõe um ambiente do tipo “*e-learning*” no contexto da ecologia da comunicação, é composta por sistemas que agem como leitores de signos que interpretam e traduzem sistemas de signos, uma vez que recebem instruções, a partir da leitura de códigos, e geram sinais de controle dando forma à aplicação – o “*software*” e o “*hardware*” educacional – que se pretende utilizar na superfície da Semiosfera, por meio das unidades de saída.

Portanto, as instruções são caracterizadas como textos, onde a lógica binária é o sistema de signos nuclear que atua na codificação desses textos, conduzindo o trabalho dos demais suportes computacionais à execução dos códigos sonoros, visuais e verbais que dão forma ao “*software*” educacional. Apesar da lógica binária da linguagem de máquina ser o sistema nuclear que dá às instruções o caráter de texto, cabe aqui ressaltar a importância que assume a tradução desta lógica e seu enunciado através de uma conversão de sinais elétricos do tipo iônicos para outros, normalmente eletromecânicos na comunicação homem-máquina. Estas linguagens de programação usadas na projeção das instruções também participam da codificação do texto, assim como os programas que fazem a tradução destas para a linguagem de máquina e outros sistemas.

Portanto, os sinais elétricos que correm nos circuitos da máquina apresentam-se como parte da continuidade semiótica entre os sistemas que dela participam, uma vez que eles trabalham para dar forma ao sistema que se desenvolve. Tomando-se as interações como um discurso que coloca em comunicação homem e máquina, os sinais elétricos que correm nos circuitos da máquina, no momento em que a comunicação ocorre, constituem a forma mais abstrata desse discurso, isto quando se toma como parâmetro as linguagens entendidas pelos humanos.

A complexidade do processo de tradução pode envolver diferentes interfaces e me-

canismos sensório-motores, além de códigos semânticos diferentes. Um mecanismo semiótico que atua numa região de linguagens do tipo homem-máquina, de um lado processa textos codificados em linguagem de máquina, por outro, seu trabalho é produzir um discurso que possa ser processado por humanos. Portanto não se trata apenas de um mecanismo semiótico computacional, mas também um mecanismo semiótico da cultura, pois seu trabalho diz respeito ao funcionamento dos textos culturais baseados no código binário, o que corresponde a textos mediados por sistemas computacionais convencionais. Nesse discurso, homem e máquina participam de uma relação dialógica onde o primeiro “fala” por meio dos comandos que aplica no mouse ou no teclado, e o segundo responde atualizando a ação que se desenvolve.

Suportado pela linguística, onde texto e contexto se rescrevem formando o processo semiótico, o contexto introduz o eixo das ideias do pensamento sistêmico na comunicação, conforme proposto pelo antropólogo Gregory Bateson, e na semiótica da cultura, tal como Júri Lotman desenvolveu. Bateson e Lotman utilizam o contexto para entender os processos interativos como elaboração da mente da cultura. De fato, tanto Bateson como Lotman procuram redefinir a comunicação humana, não apenas a partir das “potencialidades” de novos suportes tecnológicos, nem mesmo em termos de uma “instrumentalização” reducionista, mas sim, em função de um sistema vivo, um “texto em movimento, dentro do qual se conectam e se conjugam as “razões” e as “emoções”, as “práticas” tanto como as “interações”, presentes nas condutas sociais e culturais - individuais, institucionais e públicas. Para Lotman e Bateson, a comunicação deve ser encarada como um ritual, sensível e sensual.

O pensamento sistêmico assim considerado contribui para diminuir as distâncias entre a natureza e a cultura, chave do conhecimento ecológico, onde a mente é considerada um princípio explicativo para a epistemologia, de modo a nomear as experiências observadas. Nos estudos sobre Semiosfera, a mente é o dispositivo que transforma a informação em texto cultural, em significação. Ao se conceber a mente como resultado da interação e do contexto será necessário introduzir no protocolo

semiótico, que utiliza a comunicação como estrada da formação de um conhecimento, todo um processo, ainda que otimizado de experimentação, de sensação. O contexto se torna assim, a palavra necessária para descrever as relações significantes da comunicação na cultura, capazes, por conseguinte, de distinguir os diferentes sistemas em interação no mundo vivo.

Ainda segundo Bateson, o mundo vivo é aquele em que nada pode ser entendido sem que diferenças e distinções sejam invocadas, se constituindo assim, pelo convívio da diversidade. Fica então a questão: como definir um padrão que conecte as criaturas? E Lotman, por sua vez, questiona: Como os diferentes sistemas dialogam, isto é, que linguagem garante tal comunicação? Portanto, definir o padrão que conecta estruturas é tarefa dos estudos sobre ecologia; e distinguir as diferentes operações significantes dos sistemas em interação é tarefa dos estudos sobre Semiosfera. Assim o contexto é necessário para a compreensão ecológica do sentido derivado da interação entre diferenças pois, é no contexto que a mente pode se definir como padrão de conexão. A ideia de que estas diferenças sejam imprescindíveis para a própria formação, isto é, para distinguir o modo como organismos interagem, define o contexto pelas interações holísticas que buscam equilíbrio.

Ecologia é uma designação científica de conhecimentos que introduzem uma visão integradora sobre o mundo, entendido como um ecossistema constituído por diferentes sistemas vivos. A base desta integração não se limita à troca, mas ao compartilhamento criador do sentido de comunicação que é a interação entre diferenças. A ecologia surge para compreender tal forma de comunicação, mobilizadora de interações capazes de unir as diferenças, de criar e de sustentar diversidades, lembrando que em contexto, interação pode ser convergência, o que não quer dizer eliminação de confrontos. Para interagir com o “diferente”, o sistema desenvolve um tipo de inteligência suficientemente elaborada para superar obstáculos inicialmente intransponíveis, [Mor01], as redes de comunicação se tornam capazes de atravessar os limites das comunicações particulares.

O termo “Contexto” refere-se então, ao reconhecimento pelo organismo das condições e maneiras de usar as mensagens de forma apropriada e efetiva. O contexto inclui uma gama de sistemas cognitivos de animais – a mente –, as mensagens fluindo paralelamente, assim como a recordação de mensagens que previamente foram processadas ou experimentadas, e a antecipação de mensagens futuras que estão sendo esperadas, também precisam ser levadas em consideração [Seb97]. No estudo da ecologia, o homem vive em interação constante com seu ambiente, movido pela necessidade de interagir com a informação e compreendê-la por meio de algum sistema de signos, de linguagens ou de textos da cultura. Todavia, não apenas as situações criam diferentes formas de interação, como também, diferentes objetos estimulam interações distintas. Isto é o que define a mutualidade das interações, a co-evolução dos sistemas e a auto-organização. Existem diferentes disposições no ambiente a promover interações que podem acontecer ou não; depende da informação percebida. A interação só acontece se houver condições ambientais e perceptivas para isso, caso contrário a informação estará perdida. A auto-organização implica na identificação de significados porque os organismos vivos dispõem de mecanismos de auto-renovação que interagem com o ambiente. O limite distingue um contexto de interações do organismo no ambiente motivadas por operações cognitivas de percepção e de reconhecimento das condições favoráveis. A interação ambiental desencadeada como reação cognitiva de informação percebida torna-se princípio elementar dos processos de auto-organização.

As coisas significam quando são percebidas, apreendidas, compreendidas, ou seja, quando são submetidas a alguma operação cognitiva. O ambiente dispõe de condições para inspiração, respiração, locomoção, iluminação, vibração, difusão e emanção que propiciam a ação. O ambiente em seu entorno representa um lugar favorável às interações, contudo, o organismo só interage com as informações disponíveis se todo um sistema perceptivo e interativo contribuir. Um fato normalmente observado é que, nenhum animal desloca-se no ambiente sem uma orientação, seja pela visão

(imagem), pela audição (som) ou pelo olfato (cheiro). O meio contém as informações que, em interação, revelam modos distintos de manifestações ou de contexto. Assim o contexto é essencial também para definir o meio como ambiente, não apenas como veículo de transmissão, mas principalmente como agente e reagente de mediações da informação nos sistemas.

Uma das características da cultura é a tendência à experimentação de propriedades do ambiente, estas mapeiam o espaço externo à mente a partir de modelos cognitivos que consideram as condições de produção do programa de ação do ambiente. As mediações ambientais, modeladas por condições específicas de produção, permitem processos de síntese entre diferentes elementos em interação no espaço. São portanto, sínteses que mostram o caráter das experimentações ecológicas de sistemas culturais, aproximando sistemas de diferente naturezas e fazendo emergir sua interação no ecossistema da cultura.

O conceito de inteligência elaborado por Lotman é relacionado à capacidade de um sistema de processar informação, isto é, armazenar, disseminar, e, principalmente, gerar informação nova. Este mecanismo de inteligência constitui o universo da mente [Lot90]. Assim Lotman sugere que a mente não é exclusividade do homem, mas sim de sistemas culturais, onde a inteligência é a faculdade de que são dotados os sistemas para a produção da informação nova, sem a qual a vida entraria na morte entrópica. Para a semiótica, portanto, a mente da cultura se manifesta sob a forma de textos, entendidos como linguagens heterogêneas e não como uma língua única, mas com a concepção de que a comunicação cultural ocorre pela diversidade de linguagens. Como extensão da abordagem linguística, o texto é então um mecanismo semiótico de inteligência, um dispositivo capaz de estabelecer conexões, onde nenhum sistema pode funcionar isoladamente, e constitui ainda a base do protocolo de formação do processo de inteligência.

A condição elementar da inteligência é a conexão entre diferentes instâncias; nada começa a pensar de repente e por si mesmo. “O pensamento é um ato de intercâmbio

e, por conseguinte, supõe uma atividade bilateral, uma experiência semiótica em curso e não um ato primeiro inaugural” [Lot05]. O conceito de mente da cultura reafirma a inteligência como um mecanismo não exclusivo da consciência do homem, mas das estruturas pensantes de esferas mais complexas. O fato do dispositivo gerar textos mediante a escolha de alternativas torna-o livre e, por conseguinte, dotado de racionalidade. A racionalidade do dispositivo, conclui Lotman, não é a escolha de soluções adequadas, boas, morais, mas o simples fato de poder escolher. Fazer escolha é desviar, sair de um processo automático de consciência rumo à imprevisibilidade, o que faz com que, cada texto seja racional segundo sua lógica interna e irracional do ponto de vista do outro.

Um processo de transferência de conhecimento não exclui, portanto, a realidade bilateral e heterogênea inerentes à inteligência, nem mesmo a imprevisibilidade resultante da criação e da escolha, mas busca a codificação de um processo semiótico que possa ser traduzido induzindo assim à identificação de uma meta-interpretação semelhante ao processo original. Trata-se de trabalhar com textos discretos e não discretos manifestados através da arte, da filosofia e da ciência. O primeiro aspecto de informação disponível na cultura é aquele derivado das experiências de comunicação entre pessoas, não da experiência de percepção de ambiente. Informação, neste caso, consiste de mensagens, signos ou sinais. Num nível elementar, pode ser um processo de transmissão que pode ser veiculado por meios naturais ou elétricos. Nele se consagrou a informação como sendo algo que é enviado e recebido por meio de um canal ou veículo.

A informação disponível no ambiente refere-se às especificações do ambiente de um observador, que não se confunde com o receptor. Trata-se da propriedade do ambiente que torna possível distinguir algo como uma informação, seja uma energia luminosa, mecânica ou química. A informação eletrônica é uma informação ambiental que desencadeia um modo de perceber o mundo de forma abrangente. Além dos signos discretos do ordenamento verbal, inclui também os signos contínuos que

traduzem informação em imagem e assumem o poder de definição de outra linguagem na cultura, uma não elimina a outra, mas há um processo de cooperação entre os textos discretos e textos contínuos da cultura. Verifica-se a inclusão e a sinergia dos sentidos que, no entanto, sustentam o paradigma da utilização dos sensores tradicionais como interfaces para conexão com o mundo eletro-eletrônico.

Ao se estudar a linguagem do cinema, por exemplo, ainda que se escolha uma narrativa como tema, o que implica em uma sequencialidade típica de signos discretos, o sistema de signos cinematográficos organiza imagens, sons e movimentos a partir da combinatória de signos discretos e de signos contínuos. Ao mundo da narrativa literária, que opera com signos discretos, se sobrepõe o mundo dos signos não-discretos de caráter icônico. O próprio som, signo discreto, se oferece como contínuo no ambiente audiovisual do registro óptico.

A nova “civilização eletro-iônica” precisa recodificar informações de cargas elétricas em signos que integrem, em conteúdo e tempo, a mente humana e o ambiente eletrônico; definindo outra limitação de espaço e tempo como resultado de um novo sistema semiótico, onde as redes podem estender as sensações para o alcance das redes de comunicação e dos sistemas eletroeletrônicos. Um exemplo disso é a fotografia que, com seus códigos de registro da luz, recodificaram a informação luminosa em signos não-discretos disseminando assim a noção de uma “civilização da imagem”.

Uma palavra é um signo discreto, decomponível em suas subunidades (letras ou sons, morfemas ou fonemas) uma vez que estas são sequências marcadas pela temporalidade, uma seguida da outra. Uma fotografia, porém, como signo não-discreto, oferece-se como uma continuidade, um todo, ainda que sua unidade menor seja o ponto (o grão ou o pixel). Desde que a tecnologia assumiu o controle não apenas da produção material como também da comunicação social, a produção discursiva deixa de ser tão somente fruto das interações interpessoais e, portanto, propriedade dos ambientes naturais, e passa a ser modelada em ambientes tecnológicos a partir de ferramentas especialmente construídas.

3.3 Ecossistemas Dinâmicos

A integração entre o homem e o ambiente teve em Marcus Vitruvius Pollio, um engenheiro romano que viveu no primeiro século a.C. , uma valorosa contribuição.

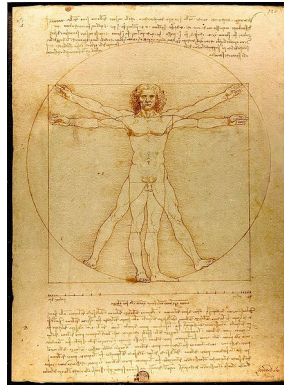


Fig. 3.12: Homem Vitruviano de Da Vinci

Seu tratado, em dez livros, é a única obra da Antiguidade que trata do assunto do homem e o seu espaço além de muitos outros aspectos relacionados à mecânica. Entre seus estudos, destaca-se o que se chamava de segmento áureo, também conhecido como o retângulo perfeito, retratado por Da Vinci em “O Homem Vitruviano”, figura 3.12, que descreve então as proporções do corpo humano, figura 3.13:

- A cabeça é calculada como sendo um décimo da altura total;
- A longitude dos braços estendidos de um homem é igual à altura dele;
- A largura máxima dos ombros é um quarto da altura de um homem;
- A distância entre o cotovelo e o final da mão é um quinto da altura de um homem;
- A distância entre o cotovelo e a axila é um oitavo da altura de um homem;
- A distância do fundo do queixo até o nariz é um terço da longitude da face;
- A altura da orelha é um terço da longitude da face.

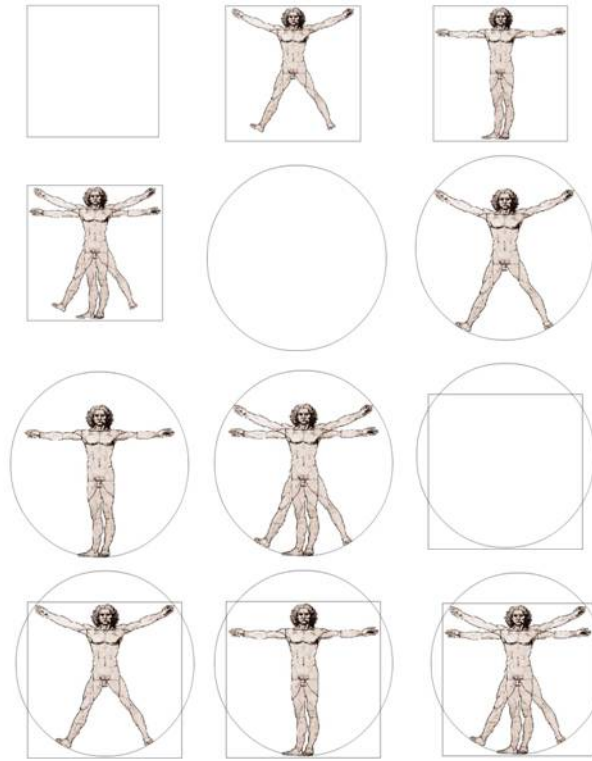


Fig. 3.13: O segmento áureo

Para introduzir os conceitos associados aos ecossistemas e suas conexões espaciais, necessita-se incluir aqui a relação espaço-tempo o que, inicialmente, descaracteriza o espaço Euclidiano implícito nas medidas propostas do homem Vitruviano. No entanto, as propriedades dos espaços Vetoriais serão utilizadas para formulação do protocolo semiótico na demonstração desta tese, impondo-se determinadas restrições de espaço-tempo que serão apresentadas juntamente com as premissas para validação do protocolo. As relações dos animais com o seu espaço, propostas no *UMWELT* de Uexküll, ganham um significado de redes sociais com a Semiosfera de Lotman, onde se verifica a composição no espaço e no tempo de vários *UMWELTEN*. Os ecossistemas dinâmicos, formados por várias Semiosferas, consideram então relações e comunicações mais complexas. Juri Lotman quando descreveu as premissas para a comunicação o fez sob o paradoxo de que, se dois indivíduos são totalmente diferentes, não será possível uma comunicação entre eles. Da mesma forma, se dois indivíduos são absolutamente iguais, também não haverá comunicação, já que um não terá nada

a acrescentar ao outro.

Essencialmente, Ecossistemas são sistemas de comunicação, portanto o uso de equações em ecologia decorre do fato de que a teoria da comunicação encontrou grande aplicação no estudo de fenômenos verificados nos Ecossistemas. Um exemplo é o uso de Shannon-Weaver nos estudos de biodiversidade [Mar01]. Desde que os ecossistemas são compostos por formas de vida, pode-se então estender os conceitos da semiótica aos ecossistemas, podendo assim associá-los ao processamento de informações [Ula02]. O estudo sobre os ecossistemas busca entender as relações entre seus componentes, os processos que os conectam e como eles são controlados. Um nome para a visão semiótica de um ecossistema poderia ser ecologia semiótica, semiótica ecológica ou eco-semiótica, apesar destes termos já estarem sendo utilizados em outros contextos relacionando a cultura e a natureza [Kul98]. Emmeche definiu a biossemiótica como a biologia que interpreta sistemas vivos como sistemas de sinais [Kul08]. O processo de comunicação (semiótico) nos ecossistemas é responsável pela manutenção de funções importantes. Semiótica dos Ecossistemas é muito importante para que se possa entender a complexidade dos Ecossistemas, na composição, no comportamento, adaptação e evolução [Emm97].

Um ecossistema pode ser visto como um *environ*, um inter-sistemas análogo ao mundo externo de Uexküll, e uma extensão do princípio de Koestlers sobre o Holon como uma unidade organizacional [Pat78]. Assim, o mundo da percepção é um componente chamado “*environ* de entrada” (*input environ*), através do qual se recebem os sinais, normalmente na forma material ou de fluxo de energia do lado externo. Então um ou mais componentes do ecossistema processam os sinais e os passam a outros elementos ou a componentes ditos *environ* de saída (*output environ*). Realimentações acontecem, dos componentes de saída para os de entrada, através do círculo funcional proposto por Uexküll. Como consequência destas interconexões, os ecossistemas se tornam complexos na estrutura e no comportamento, conforme descrito em “*20 Remarkable Properties*” de Patten [Pat98]. Os componentes de entrada recebem

estímulos quantitativos e qualitativos, materiais ou de energia. Nesse contexto, o *environ* de entrada eventualmente recebe transferências de sequências lógicas e de tratamento de informações através do qual a *environ* de saída pode propagar impulsos de volta para a entrada através da rede de informação. Analisando-se as transferências de informação nos ecossistemas, percebe-se que as características quantitativas e qualitativas são, em geral, interdependentes e complexas, apesar de não existir, necessariamente, uma relação direta entre estímulo e resposta, entre qualidade e quantidade.

A informação e a comunicação no ecossistema desempenham um importante papel aumentando sua complexidade e criando comportamentos complexos. Até aqui, pesquisadores em ecologia tem se concentrado nos aspectos quantitativos dos ecossistemas e a maioria dos modelos de ecossistemas estão concentrados nos fluxos de materiais e de energia. Portanto, a importância da qualidade dos sistemas, das comunicações ou processos semióticos são negligenciados. Entretanto alguns estudos, como os desenvolvidos por Patten e outros colaboradores, apontam para uma interação entre o fluxo de material e o papel da semiótica na formatação dos sistemas [Pat98]. Alguns de seus modelos sugerem que a função de um elemento do sistema pode ser classificada em compartimentos, conexões ou controles:

Compartimentos – são equivalentes a estados de variáveis;

Conexões – são os fluxos ou processos do sistema;

Controles – são os outros elementos.

Ambos, locais e conexões estarão executando o papel de um controle e podem exercer, por exemplo, uma realimentação positiva ou negativa em qualquer outro elemento do sistema. Baseado nesse conceito é possível identificar três macro-tipos de informação para definir o nível de complexidade do sistema onde uma está relacionada com os componentes, outra decorrente dos fluxos e a terceira dos controles do sistema. Assim

a informação total será a soma das informações expressas pelos conjuntos dos 3 tipos de elementos do sistema (componentes, conexões e controles), indicado em 3.1.

$$I_{total} = I_{comp} + I_{conx} + I_{cont} \quad (3.1)$$

O que se pretende destacar é a importância da informação de controle, que tem como conceito fundamental o ecossistema semiótico que exerce o controle sobre os processos semióticos e não mecânicos. O conceito de informação já está integrado aos princípios da evolução e do comportamento nos ecossistemas. A informação está armazenada nos genes, como genótipos e fenótipos de um sistema ou organismo. Quando se estuda a hierarquia de uma estrutura biológica, nos níveis mais elevados do organismo, populações, sociedades ou ecossistemas, não se podem explicar as relações apenas com a dicotomia isolada dos genótipos e fenótipos. Patten propôs um tipo metafísico que inclui as interações entre o organismo e seu “*environ(ment)*” ao que chamou de “*envirotipe*” do sistema [Pat98]. Odling-Smees compartilha desta teoria ao propor o conceito de construção do nicho [Lal08]. A semiótica agregou um nível significativo no topo da estrutura de controle hierárquico que inclui o “*envirotipe*”, interpretando as ações que, na transmissão dos sinais, são essenciais para a função do sistema e onde uma interpretação puramente mecânica não é satisfatória.

Portanto, uma estrutura dualística (ascendente e descendente) e dialética (nos dois sentidos em todos os níveis), figura 3.14, conforme proposto por Patten. No caso em que uma característica do nível mais baixo afeta ou tem consequência em um nível mais alto, diz-se que houve uma causalidade ascendente, ou seja uma expressão do genótipo no fenótipo. No caso oposto, ou seja no caso em que um nível superior afeta um nível inferior, acontece uma causalidade descendente no sistema. A causalidade ascendente é mais fácil de se aceitar, já que corresponde ao paradigma

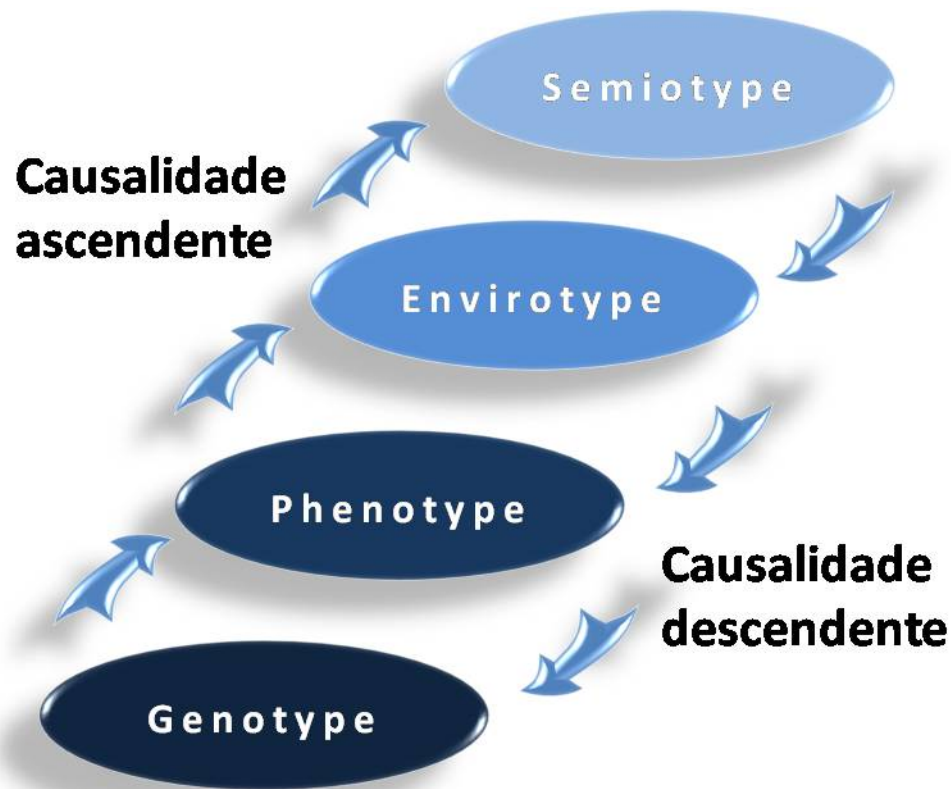


Fig. 3.14: O modelo da causalidade

neo-Darwiniano⁴. Entretanto, a ideia inversa em que um nível superior causa um impacto em algum nível inferior, ou seja, que algum comportamento poderia afetar o feno ou até mesmo o genótipo, é mais controversa⁵. Em uma forma simples isso representaria puro Lamarckismo, porém uma versão modificada para este caso poderia ser o Baldwinismo, onde alguns traços semióticos podem ser herdados através de outro processo, e que podem ser transmitidos entre as gerações [Hof03]. Um exemplo pode ser a camuflagem ou quando uma presa imita uma espécie venenosa e evita o ataque do predador. Nesse caso, um sinal de alerta, apesar de falso, pode ser inter-

⁴O paradigma neo-Darwiniano estabelece que a história da vida envolve apenas uns poucos processos estatísticos que agem entre as populações e espécies. Estes processos são: reprodução, mutação, competição e seleção.

⁵A causalidade entre os níveis, onde o nível genotípico representa a possível biodiversidade do sistema no nível do genoma – fenótipos atuam com variabilidade e adaptabilidade – é onde a seleção Darwiniana ocorre. Entretanto, a funcionalidade ocorre no nível do “*envirotype*” e é finalizado no nível semiótico onde a comunicação e o processo semiótico tem lugar. Nesta hierarquia do grau de liberdade, o movimento ascendente reduz a possibilidade de sucesso.

pretado como verdadeiro pelo predador. Provavelmente o funcionamento do sistema é avaliado em um nível mais alto, ou seja, um caso de benefício indireto para o sinergismo do sistema, onde a presa não é atacada pelo predador e o predador não corre o risco de morrer, “Sensu Patten” [Fat98]. Assim, outros processos cognitivos podem estar envolvidos ao se estabelecer um processo semiótico. A percepção pode ser complementada pela lembrança, que pode ser influenciada pela experiência. A ação mais apropriada é o resultado da percepção, da experiência e da habilidade para armazenar esse conhecimento resultando no que normalmente se chama de aprendizagem. Então, isso poderia conduzir a divisão da informação semiótica em vários componentes cognitivos, componentes básicos que poderiam formar um protocolo que levasse ao processo de aprendizagem 3.15. Em busca da determinação dos elementos básicos

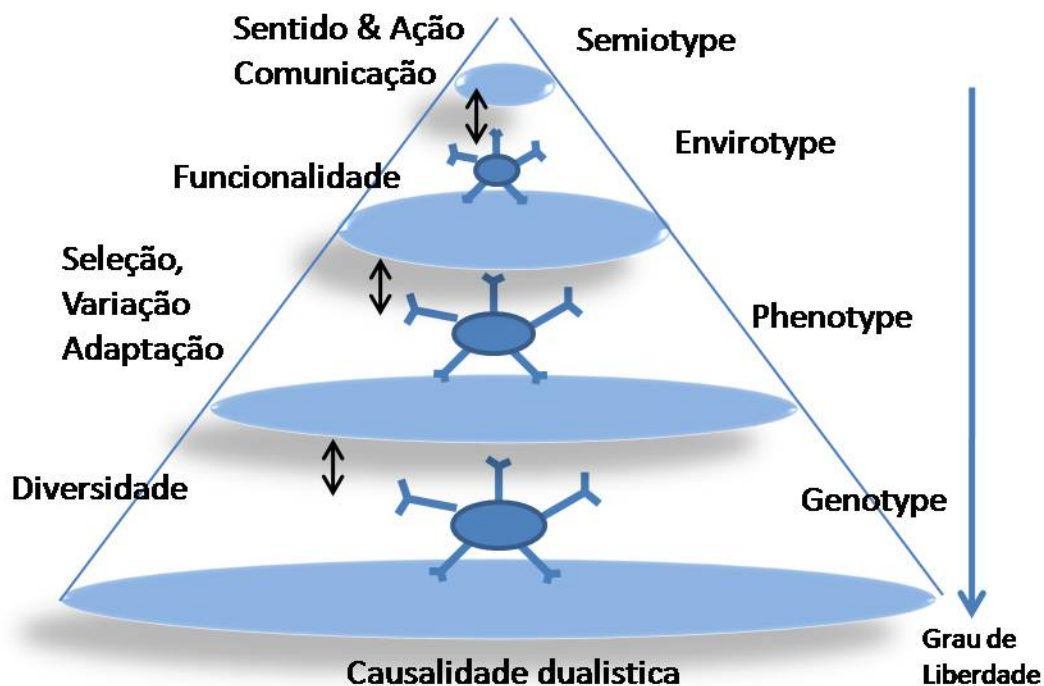


Fig. 3.15: A dualidade na hierarquia do grau de liberdade

para a informação semiótica, de sua participação no processo cognitivo, de como se processa a aprendizagem e sua relação com a experiência assimilada é importante observar e entender o processo semiótico nos ecossistemas [Emm91].

A Teoria Geral de Sistemas (TGS), inicialmente atribuída aos trabalhos do biólogo

alemão Ludwig Von Bertalanffy, publicados entre 1950 e 1968, tem como característica principal uma tendência de integração entre as ciências naturais e sociais. As descrições de sistemas, desde então, consideram três noções fundamentais:

1. a distinção entre “total” e “todo”;
2. a existência de complementaridade entre as partes e o todo; e
3. a necessidade de articulação entre as partes.

No contexto sistêmico, o Todo não é propriamente a soma das partes, mas antes, a emergência das partes, num todo organizado, sendo este, algo mais complexo do que a simples soma daquelas. No interior de um sistema, verificam-se interações qualitativas, que fazem com que as partes envolvidas estejam articuladas, de um tal modo, fazendo emergir o todo e assim, as partes subordinam-se ao todo que delas emerge. Von Bertalanffy escreveu sobre a integração sistêmica e universal do conhecimento científico, até então apresentada de maneira mecanicista e fragmentada, desde Isaac Newton e René Descartes. Além das ciências apontadas, surgem também, neste contexto, a “Teoria Matemática da Informação” e a “Cibernética”, [Oli02]. No âmbito da Ciência da Informação (CI), o sistema é abordado como um conjunto de componentes inter-relacionados, podendo, pela natureza e função, ser de ordem física ou social, [All96]. No âmbito da Sociologia funcionalista os sistemas sociais são definidos em função da sua constituição e estruturação, dada pela interação de indivíduos, que agem entre si e sobre si mesmos, enquanto atores individuais e sociais [Par92]. Estas relações são ações orientadas, de pessoa para pessoa, fazendo com que a unidade mais significativa do sistema social não seja propriamente o indivíduo, mas o papel que ele desempenha.

Os sistemas sociais estruturam-se em forma de ações e interações, em que cada elemento, enquanto unidade em articulação com outras unidades, deve desempenhar um papel específico, de modo satisfatório. Do contrário, a emergência é sufocada

pela desorganização das subordinações, gerando uma mudança qualitativa do sistema observado. O conceito de sistema e a teoria sistêmica, sob a perspectiva humana e social, repercutem-se na teoria do pensamento complexo. Para Morin, as partes que constituem um sistema são unidades organizadas de maneira complexa, portanto indissociáveis [Mor77]. A organização é o aspecto interno do sistema, configurado pelas inter-relações, articulações e estruturas. O sistema, propriamente dito, aparece como o aspecto externo e caracteriza-se pela globalidade, forma e emergência. A TGS afirma que as propriedades de um sistema são compreendidas pelo seu estudo global, evidenciando-se as interdependências com os eventuais subsistemas. As premissas fundamentais da TGS são:

- a existência dos sistemas dentro dos sistemas e dos sistemas abertos;
- a constatação de que as funções de um sistema dependem de sua estrutura.

A definição clássica de sistema, onde existe um conjunto de unidades reciprocamente relacionadas, nos leva a dois pressupostos básicos para a sua compreensão:

- propósito ou objetivo: todo sistema tem um ou vários objetivos a alcançar;
- globalismo ou totalidade: todo estímulo, em qualquer unidade do sistema, irá afetar as demais unidades, ou seja, o sistema sempre reagirá globalmente e se ajustará automaticamente às mudanças ocorridas.

Destes pressupostos derivam duas importantes propriedades, essenciais para o funcionamento de um sistema [Chi93]:

- entropia : tendência para o desgaste, a desintegração e o aumento da aleatoriedade ou imprevisibilidade;
- homeostasia : tendência para adaptar-se, a fim de alcançar um equilíbrio interno e dinâmico entre as partes, face às mudanças do ambiente.

Os sistemas funcionam de acordo com determinadas componentes parametrizadas:

1. entradas;
2. processo de transformação;
3. saídas;
4. controle e avaliação;
5. retroalimentação ou “*feedback*” .

A parametrização depende , fundamentalmente, daquilo que é introduzido, como energia ou insumo, no próprio sistema (i.e., na entrada), dos fins pelos quais o sistema existe e dos propósitos que pretende alcançar, de acordo com este fim e mediante a atuação global de suas partes. A retroalimentação ou “*feedback*” é um instrumento de regulação retroativa ou de controle, em que as “informações” realimentadas resultam das divergências verificadas entre as respostas de um sistema e os parâmetros previamente estabelecidos, objetivando reduzir as discrepâncias, ao mínimo, bem como propiciar uma situação em que o sistema se auto-regule. Configura-se portanto, pelo menos três níveis de sistemas [Oli02]:

- Ecossistemas;
- Subsistemas;
- Sistema.

O Sistema é tudo aquilo que um observador considera como autônomo e emergente. Por outro lado, o Subsistema é aquilo que é considerado como integrante e dependente. Tal como diz o próprio autor, as fronteiras entre ambos são intercambiáveis. De modo que um sistema pode ser subsistema de um outro, e assim por diante, de acordo com a qualidade das relações verificadas entre eles. Desta forma, o sistema tem um grau de autonomia maior do que os subsistemas e, ao mesmo tempo, menor do que o ecossistema, sendo este último, uma emergência do próprio sistema observado.

O funcionamento do sistema ocorre de modo sinérgico, i.e., num esforço coordenado das partes para alcançar os objetivos do todo. Os esforços devem ser, portanto, combinados, para atingir uma melhor utilização das partes, visando sempre a obtenção de um resultado que será maior do que a soma dos resultados parciais [Chi93]. Aliás, faz-se um adendo, para dizer que a sinergia é exatamente o que faz com que todo e total sejam conceitos qualitativamente diferentes dentro da abordagem sistêmica. Os sistemas possuem ainda duas outras classificações. Quanto à constituição, podem ser:

- físicos ou concretos: objetos reais (hardware); e
- abstratos: planos, hipótese e ideias (software).

Relativamente à natureza, podem ainda ser:

- fechados: não se relacionam com o ambiente, não influenciando nem recebendo influência do meio externo; e
- abertos: se relacionam com o ambiente, através de entradas e saídas.

Os sistemas abertos, por uma questão de essência e propósito, não podem viver isolados, mas antes, devem adaptar-se constantemente às condições do ambiente. A adaptabilidade é um processo contínuo de aprendizagem e auto-organização do sistema. Mesmo os sistemas ditos “fechados”, que têm um comportamento totalmente programado, precisam operar com alguma interferência do ambiente. O intercâmbio do sistema com o ambiente atende aos propósitos de eficiência e coerência com os objetivos propostos. No entanto, como esta dinâmica não é de todo homogênea, verificam-se formas diferenciadas de entropia (negativa ou positiva). É a “informação potencial” que permite a um sistema aberto efetuar a auto-organização e a transformação da entropia positiva em entropia negativa, [Chi93]. Nos sistemas biológicos a adaptabilidade está relacionada com a capacidade de perceber o ambiente e, por conseguinte, com o processo de evolução dos sensores e o desenvolvimento de novas

habilidades. São assim, respostas a mudanças ocorridas no ambiente ou à necessidade de se criar uma vantagem competitiva para a sobrevivência da espécie [Dau01]. Como contribuição para esta tese de doutorado seria importante identificar como os organismos desenvolvem novos sensores, novas interfaces e novas habilidades no processo evolucionário. O que sugere assim identificar dois grandes desafios no sistema nervoso superior, que são:

1. Informações provenientes de estímulos precisam ser extraídas, representadas e mapeadas através de neurônios especializados no cérebro;
2. A Informação precisa ser integrada funcionalmente formando estados coerentes do cérebro que suportem um comportamento, uma ação no ambiente.

Esses dois princípios são conflitantes, sendo que uma representação eficiente significa reduzir redundâncias enquanto que, integração gera informação mútua o que é essencialmente uma redundância [Ton98]. O que promove a hipótese de que especialização e integração são importantes para entender a capacidade de um sistema de controle se adaptar a um ambiente, onde sistemas locais e especializados subsistemas interagem de uma forma global [Spo00]. Com o objetivo de estudar a especialização funcional e a integração, tem sido definidos níveis de integração e complexidade do sistema nervoso utilizando-se da teoria da informação, e tem sido muito útil para o estudo de sistemas sensoriais em robôs [Lun05]. Dentro deste estudo a entropia pode ser representada, considerando-se para tal um sistema X , composto pelos elementos X_1, X_2, \dots, X_N onde, cada elemento X_i é uma variável randômica que pode assumir um número discreto de estados. A integração que mede a entropia⁶ total perdida

⁶A entropia é uma grandeza termodinâmica geralmente associada ao grau de desordem. Ela mede a parte da energia que não pode ser transformada em trabalho. É uma função de estado cujo valor cresce durante um processo natural em um sistema fechado. A teoria da informação diz que quanto menos informações sobre um sistema, maior será sua entropia. Isso remete ao fato das equações matemáticas para a entropia usarem métodos probabilísticos para serem deduzidas. Sendo assim, quanto maior o número de arranjos possíveis, maior será a entropia. A quantidade de informação de uma mensagem é definida na teoria da informação como sendo o menor número de “bits” necessários para conter todos os valores ou significados desta mensagem. Por exemplo, para se transmitir ou armazenar os números dos meses do ano, serão necessários, no mínimo, 4 “bits” para representar

[Ton98], é definida pela equação 3.2.

$$IN(X) = \sum_{i=1}^N H(X_i) - H(X), \quad (3.2)$$

onde $H(X)$ representa a somatória das entropias de todos os elementos de X . Assim $IN(X)$ é zero somente se os elementos do sistema são independentes, e será positiva quando existir uma dependência estatística entre os elementos. Se o sistema X contém apenas duas variáveis randômicas então a integração é a informação presente nas duas variáveis.

A complexidade do sistema será então definida pela equação 3.3.

$$C(X) = H(X) - \sum_{i=1}^N H(X_i|X - X_i), \quad (3.3)$$

onde $H(X_i|X - X_i)$ é a entropia condicional de uma dado elemento X_i a partir do valor complementar ($X - X_i$). A complexidade é alta para os sistemas que combinam segregação funcional e integração, e se tornam menores para sistemas randômicos e uniformes [Ton98]. Portanto, a ideia central da inteligência artificial incorporada é que a cognição e os processos comportamentais emergem da combinação entre cérebro, corpo e ambiente. Estas afirmações se contrapõem à ideia de “*mind-as-computer*”, como proposto em várias ideias nos primórdios dos estudos sobre inteligência artificial, [New76]. Na abordagem “*mind-as-computer*”, para a inteligência artificial existe uma separação entre as estruturas cognitivas (símbolos e representações), o cérebro (software) e o corpo (hardware). A percepção seria então,

esta informação. Caso esta mesma informação fosse representada pelos caracteres ASCII, o número de “*bits*” necessários seria bem maior. A informação, no entanto, seria a mesma. Da mesma forma, para armazenar a informação “sexo”, pode-se usar apenas um “*bit*” ou 1 “*byte*”, representando uma letra (“M” ou “F”, indicando masculino ou feminino, respectivamente). Portanto, a quantidade de informação de uma mensagem é medida pela entropia da mensagem. Na grande maioria dos casos, a entropia de uma mensagem é “ $\log 2n$ ”, onde n é o número de significados possíveis, se todos os significados são igualmente prováveis.

um significado de uma representação interna capaz de ser manipulada. A inteligência artificial atribui mais importância à incorporação do agente.

O cérebro, o corpo e o ambiente são reciprocamente interligados e os processos cognitivos emergem tendo um corpo dotado de sensores e atuadores específicos capazes de interagir e se mover no mundo. A inteligência artificial portanto, considera relevante a relação entre percepção e ação, onde a visão, por exemplo, é um processo visual que pode ser simplificado se os sensores forem conectados a ações do agente no mundo [Bal91]. Essencialmente, organismos inteligentes não são passivamente expostos a sinais sensoriais mas sim interagem ativamente com o ambiente. Normalmente existem três aspectos que afetam a relação da informação entre sensores [Spo04]:

1. O auto-reconhecimento (*embodiment*): o que compreende as características dos sensores utilizados e suas resoluções, também sua localização no agente e sua posição relativa a outro sensor;
2. O ambiente: o que inclui as estatísticas do ambiente e as ações de outros agentes no ambiente;
3. As ações do agente: o movimento que o agente executa pode afetar também as informações relativas entre o sensor e o agente [Lun05].

Uma definição para o grau de auto-reconhecimento é o nível de integração estrutural do agente e o seu ambiente, que reflete a análise da informação medida nos canais sensores e atuadores do agente. Um sensor é um órgão ou dispositivo que quantifica uma propriedade do mundo ou interna do agente, como a temperatura do ambiente, a pressão sanguínea ou o nível de bateria que o agente tenha acesso. O sensor não representa o real valor da propriedade, mas sim um valor comprimido ou estimado. Por outro lado, um atuador revela o valor de uma propriedade que o agente pode alterar e tem um efeito físico no ambiente.

Um sensor S_x , onde $(1 \leq x \leq N)$, pode assumir um número discreto de valores $S_x^t \in X$ para cada unidade de tempo $t, 1 \leq t \leq T$, onde X é o alfabeto de S_x . Então,

cada sensor pode ser visto como uma série temporal de dados $S_x^1, S_x^2, \dots, S_x^T$ com T elementos. Cada sensor S_x também pode ser visto como uma variável randômica com uma função densidade de probabilidade particular $p(x)$, onde $p(x)$ é estimada a partir de uma série temporal de dados. De maneira análoga, a distribuição somatória de probabilidade $p_{x,y}(x, y)$ é estimada a partir de uma série temporal dos sensores S_x e S_y . Em geral, a propriedade medida pode assumir um conjunto de valores maior do que a resolução do sensor. O sensor S_x é uma representação reduzida de uma particular quantidade de alguma propriedade existente no mundo, o que aqui se denota X_w , que o sensor consegue registrar.

Então, um sensor pode ser visto como o mapeamento de um conjunto maior X_w , onde $|X| < |X_w|$, para o menor conjunto em X , onde o número de elementos em X é $C = |X|$. Pode-se representar estes valores em uma distribuição de subconjuntos uniformes, assim todos os valores de X são divididos em subconjuntos F_i , $X_w = F_1 \cup F_2 \cdots F_C$, onde cada subconjunto contém o mesmo número de valores de X_w , donde $\forall F_i, |F_i| = \frac{|X_w|}{C}$. Assim cada F_i corresponde a um símbolo no conjunto $X = 1, 2, \dots, C$ e a função de probabilidade $p(x)$ pode ser estimada a partir da distribuição de frequência dos subconjuntos. Um dos problemas deste método é que o tamanho e a localização de um subconjunto pode interferir se uma medição será capturada ou não. Por exemplo, considere um sensor lendo valores em um intervalo $X_w = 1, 2, \dots, 100$ com dois subconjuntos, $F_1 = \{1, 2, \dots, 50\}$ e $F_2 = \{51, 52, \dots, 100\}$.

Neste exemplo se os valores medidos se concentrarem dentro do primeiro subconjunto a resposta do sensor será sempre 1, significando que a entropia é igual a zero, e isso não reflete a realidade. Trata-se de um problema de quantos subconjuntos são necessários para representar corretamente a propriedade medida. Será necessária uma análise prévia dos dados a serem medidos para que se determine qual a quantidade ideal de subconjuntos seria mais eficaz. A entropia interfere no desenvolvimento mental autônomo e está presente no processo de auto-reconhecimento do agente. Assim, um item importante a ser estudado diz respeito a, como o agente de-

envolve novas habilidades, percepção e capacidades de aprendizado. Esta questão, no entanto, está relacionada com duas principais características [Bee98]:

- Capacidade de adaptação, autonomia e socialização, que servirão como inspiração para o desenvolvimento psicológico e neurológico;
- Exploração dos sistemas neurais e das habilidades cognitivas através dos sensores e atuadores do próprio agente.

Inevitavelmente, aparece a comparação entre desenvolvimento e aprendizado. O desenvolvimento ontogenético, que se refere ao desenvolvimento que um indivíduo adquire durante a sua vida, envolve a espécie, as células, o corpo, e o desenvolvimento do cérebro e difere do aprendizado pelo fato de que este é considerado puramente um problema intelectual. O desenvolvimento envolve também mudanças, como no sistema motor, e está normalmente associado a mudanças físicas corporais ou ainda à disponibilidade de novos canais sensoriais. Enquanto Piaget definiu o desenvolvimento como um processo incremental, estável e organizado em estágios, Thelen e Smith diziam o oposto, para eles o desenvolvimento decorre da desorganização, do estado caótico, instável, uma habilidade desenvolvida pode até regredir [The94]. Para Lungarella o desenvolvimento pode também ser visto como uma série de restrições ao sistema nervoso e sensorial [Lun04]. Neste caso, o agente pode se adaptar a um ambiente sobrecarregado de informação, assumindo uma condição sensorial restrita, e ao adquirir uma nova habilidade ou devido a alguma alteração no ambiente sua condição pode então evoluir. Outro aspecto importante do desenvolvimento é a categorização, que é a habilidade de se distinguir, de identificar e discriminar estímulos sensoriais, emoções e ações motoras [The94].

A categorização depende da exploração do ambiente e das capacidades do organismo. A partir dos sinais recebidos através dos sensores o organismo desenvolve, através da interação com o ambiente, maneiras de estruturá-los e categorizá-los [Ede87]. Uma forma que o organismo se utiliza para categorizar os dados recebidos é

através do auto-reconhecimento, também conhecido como “body babbling” [Mel97]. No processo de aprendizagem a sensação do próprio corpo, a exploração sistemática das sensações e percepções como consequência das ações tem um papel muito importante [Roc98]. Recém-nascidos passam 20% do seu tempo acordado tocando sua própria face, de maneira semelhante as crianças repetem as mesmas ações reiteradas vezes [Pia53].

O mesmo processo vocal repetitivo é verificado no desenvolvimento da fala ou no aprendizado de uma língua específica. Os estudos nessa área tem permitido a pesquisadores implementarem soluções artificiais como é o caso de Berthouze and Kuniyoshi [Bee98], que desenvolveram um sistema capaz de executar um aprendizado não supervisionado de navegação visual onde a classificação dos padrões utilizou os mapas de Kohonen. Os resultados dos mapas auto organizáveis de Kohonen mostraram quatro categorias de movimento: vertical, profundidade, horizontal e outro não muito bem definido situado entre os movimentos horizontais de profundidade. Uma característica neste método é que o agente conhece a estrutura de seus sensores e que todos os sensores têm uma característica de continuidade, típica dos sensores visuais.

Em alguns processos de aprendizagem, no entanto, o agente precisará descobrir também as características de seus sensores antes de desenvolver suas habilidades sensório-motoras. Muitas teorias tradicionais defendem a ideia de que o cérebro de alguma forma produz uma imagem interna do mundo. No entanto há os que defendem que a visão é o caminho para a ação que explora o mundo mediado pelas leis das contingências sensório-motoras e, estas sim, definem um conjunto de regras de interdependência entre movimento e estimulação dos sensores [Phi04]. Alguns experimentos com robôs, equipados com sensores multimodais, mostraram ser capazes de descobrir uma estrutura de espaço euclidiano que descrevia o espaço físico da simulação.

Para estabelecer uma relação entre desenvolvimento e a dinâmica da evolução de sistemas abertos é necessário que se considere os seguintes aspectos:

- A relação entre os estados micro e macroscópicos de um sistema; e
- A necessidade de sistemas abertos de importar e exportar matéria e energia para garantir a auto-organização e sua capacidade de evoluir.

A relação entre o estado microscópico e macroscópico de um sistema deve ser de tal forma que a coerência interna dos elementos e a manutenção do estado estacionário possam ser garantidas. Isto é o primeiro princípio que deve ser respeitado para garantir a sustentabilidade de um sistema aberto. Como analogia podemos dar o exemplo de um ser humano individual como sistema aberto. O funcionamento dos órgãos internos (coerência interna dos elementos, espaço microscópico) e a manutenção do estado estacionário (a integridade estrutural do seu corpo) somente poderão ser garantidas se a relação entre o ambiente do indivíduo (a dimensão macroscópica) e o espaço interno tiver um mínimo de compatibilidade. Neste caso, isto significa alimentação, proteção de extremos climáticos insuportáveis e um certo nível de relações sociais.

Por outro lado, para que sistemas abertos possam evoluir, é necessário que o “*input*” energético e material tenham a qualidade certa. Isto é o segundo princípio que precisa ser garantido para que um sistema aberto possa desenvolver-se de maneira sustentável. Na prática isto significa que:

1. Sistemas abertos evoluem na medida em que são capazes de aperfeiçoar permanentemente sua capacidade de reagir estruturalmente às modificações das fontes energético-materiais, mantendo a coerência interna.
2. Sistemas abertos evoluem na medida em que são capazes de aperfeiçoar permanentemente sua capacidade de agir sobre seu ambiente relevante para garantir a quantidade e melhorar a qualidade das fontes de energéticos e materiais.

O Metabolismo de um sistema significa de um modo geral: “Apropriações vitais do ambiente, transformação físico-química interna para sustentação da auto-organização

e liberação de energia e/ou matéria transformadas.”[Fen97]. Em princípio, todos os sistemas abertos são sustentáveis, enquanto são capazes de sustentar seu metabolismo energético-material. A maneira como cada sistema cumpre com esta necessidade básica, depende fundamentalmente da forma como este metabolismo é organizado. Se esta organização se torna incompatível com as condições gerais do seu ambiente relevante, o sistema é condenado a desintegrar-se e a desaparecer. Enquanto o sistema é capaz de adequar sua organização metabólica às mudanças do ambiente externo, este sistema é sustentável.

Surgem na década de 90 dois conceitos que parecem marcar um avanço nas discussões sobre o problema do desenvolvimento sustentável: Metabolismo Sócio-Econômico (MSE) e Eficiência Energético-Material (EEM)[Fis02]. O primeiro conceito se refere ao funcionamento geral do sistema, ou seja, é uma maneira de caracterizar seu modo de (re)produção do ponto de vista energético-material e sociocultural. O segundo descreve um parâmetro para medir o grau de “racionalidade” dos diversos processos produtivos que compõem o MSE do sistema. O conceito de Metabolismo Energético-Material (MEM) é mais amplo e se aplica a todos os sistemas abertos, tanto orgânicos como inorgânicos, enquanto que o conceito MSE é aplicado somente a sociedade humana.

As relações sociais, culturais, e econômicas no seu conjunto, por mais diversas que possam ser, garantem a reprodução do sistema como um todo. Para manter a coerência, o ser humano precisa, como todo sistema aberto, de recursos que ele importa do seu ambiente (água, matéria prima, nutrientes, energia, oxigênio, etc.) e os transforma em materiais, substâncias que possam sustentar a reprodução do “corpo social”, exportando o que não serve mais. Cada processo pode ser avaliado em relação a quantidade e a qualidade de energia e material gasta para atingir os seus objetivos.

3.4 Conclusão deste capítulo

Este capítulo contemplou os conceitos de Jakob Johann von Uexküll referentes ao *UMWELT*, além da importância das características sensoriais no processo cognitivo. Destacou também a participação das experiências de cada ser vivo no processo de aprendizagem. Ao relatar a necessidade da realimentação dos sinais e sua analogia com a teoria dos sistemas, descreveu ainda o papel da reprodução de uma meta-interpretação na formulação de um protocolo para transferência do conhecimento. Expandindo as interações e os espaços cognitivos, foram apresentadas as definições de Lotman para a Semiosfera e suas relações complexas que formam os Ecosistemas Dinâmicos. Ao quantificar a informação total presente no sistema, destacou-se a influência do nível de entropia na geração do conhecimento. Ao estruturar e categorizar os sinais recebidos pelos agentes através de seus dispositivos sensoriais, foi descrito o processo de auto-reconhecimento e a determinação do espaço-tempo na relação com o ambiente. Foram destacados conceitos muito importantes que vão suportar o capítulo seguinte, onde se pretende propor a elaboração de um modelo que permita codificar a informação, criar uma estrutura algébrica para estruturar um conhecimento em sistemas inteligentes, e apresentar a dinâmica do conhecimento fundamentado pelas teorias da biossemiótica.

Capítulo 4

A INFORMAÇÃO e o CONHECIMENTO

Relacionamentos complexos são permeados por comunicações sofisticadas, normalmente constituídas por códigos nada triviais. Ao introduzir o tema informação e conhecimento faz-se necessário considerar um conjunto de dados e sua evolução à condição de informação, onde, através da comunicação, ações mútuas entre agentes criam as condições para a ocorrência da aprendizagem. Existe comunicação quando um agente influi sobre o comportamento de outro. O essencial é que só se pode fazer alusão à “comunicação”, no sentido exato da palavra, quando o receptor tem oportunidade de poder reagir à mensagem do emissor. Ao se estudar os axiomas propostos por Watzlawick, Beavin e Jackson [Wat96], pretende-se demonstrar um pouco da visão pragmática da comunicação humana. O primeiro axioma fala sobre:

“A impossibilidade de não comunicar”

O reconhecimento de um agente no espaço modifica o comportamento do outro. Ou seja, no relacionamento humano, mesmo sem a mínima troca de palavras, a presença do outro basta para que uma pessoa modifique seu comportamento e ela não

pode fugir desta comunicação. Neste sentido comportamento é igual à comunicação. O segundo axioma fala sobre:

“Toda comunicação contém um aspecto de conteúdo e um aspecto de relação tais que o segundo classifica o primeiro e é, portanto, uma metacomunicação”.

A relação entre as pessoas se desenvolve simultaneamente em dois aspectos: o racional (argumentação objetiva) e o relacional (emoções e, portanto, da relação humana entre os interlocutores). Segundo Watzlawick, Beavin e Jackson, o aspecto emocional é quem determina o conteúdo da comunicação. O terceiro axioma pragmático é o seguinte [Wat96]:

“Os seres humanos comunicam digital e analogicamente. A linguagem digital é uma sintaxe lógica sumamente complexa e poderosa, mas carente de adequada semântica no campo das relações, ao passo que a linguagem analógica possui a semântica, mas não tem uma sintaxe adequada para definição não ambígua da natureza das relações”.

O texto do terceiro axioma refere-se às componentes das modalidades da comunicação humana:

Sintaxe - estuda a forma em que as palavras estão reunidas e dispostas em uma frase;

Semântica - estuda o significado das palavras;

Digital - analisa segundo um princípio matematicamente correto;

Analógico - permite uma significação figurada, como por exemplo uma imagem ou uma representação icônica.

A comunicação humana desenvolve-se na forma matematicamente correta mas também em imagens e outras formas mais subjetivas. A comunicação matematicamente correta (objetiva) contém uma ordem de palavras variadas e estruturadas segundo uma lógica rigorosa porém, os significados das palavras (símbolos e números) utilizados para este tipo de comunicação podem não ser suficientes para descrever outras relações, como as emocionais por exemplo. Por outro lado, a comunicação analógica, aquela que funciona de maneira subjetiva, normalmente através de imagens (ícones), utiliza uma linguagem mais significativa e carregada de emoções, sendo, contudo, pouco adequada para expressar corretamente fatos estritamente objetivos, precisos e que se quer limitar. Assim, os dois aspectos de cada comunicação, o aspecto do conteúdo e o da relação, correspondem a um linguajar muito especial: um linguajar digitalmente correto e o outro, um linguajar “icônico” e carregado de emoção; assim é de se esperar que cada comunicação contenha estas duas linguagens. Observa-se, sobretudo na arte, uma mistura equilibrada, onde o artista expressa ideias e emoções, através de diversos meios de expressão. Existem no entanto, situações onde a comunicação não pode ser puramente digital, nem puramente analógica, quando então faz-se uso do conceito de letramento ampliado¹. Essas experiências costumam provocar excelentes reflexões nos agentes que, geralmente, as relacionam à sua experiência, permitindo-os discutir a realidade de forma mais ampla, uma vez que vinculam a aprendizagem à sua própria vivência, ou seja, relacionando a aprendizagem também ao sócio-emocional. O último axioma fala sobre as operações de troca:

“Todas as permutas comunicacionais ou são simétricas ou complementares, conforme se baseiam na igualdade ou na diferença”.

Assim, os processos de comunicação interpessoal ou são simétricos, ou comple-

¹O conceito mais amplo de letramento não desconsidera a importância das palavras, mas aceita as outras formas de composição de mundo, incluindo arte, dramatização, expressão corporal, canto, música e a escrita.

mentares, conforme as relações entre os interlocutores: se na igualdade ou na diferença. Neste axioma trata-se principalmente do poder que possuem os interlocutores. Refere-se ao perfil “simétrico”, quando os agentes cognitivos possuem um conjunto semelhante de informações. Porém, se a situação dos interlocutores é desigual, fala-se de uma comunicação “complementar”, ou seja, que se complementa. Atualmente, no entanto, a educação tem ido além de transmitir e receber informações, apresentar modelos e imitar. Pode-se observar uma mudança didática da transmissão e comunicação para um processo pedagógico mais ativo e participativo que privilegia as ações no aprendizado individual para acomodação e adaptação ao mundo real, onde o processo educacional pode ser real ou artificial. O sistema educacional real é aberto, complexo e dinâmico enquanto que o artificial é um sistema fechado. Os sistemas abertos são influenciados pelos eventos fora dos limites do ambiente de aprendizagem ao contrário dos sistemas fechados. O mundo eletrônico da informação permite que o estudante aprenda a navegar através de um grande volume de conteúdos, para analisar e tomar decisões a respeito deles, formando assim um novo domínio do conhecimento em uma crescente sociedade tecnológica [Mid05]. O aprendizado ocorre em um sistema didático aberto e flexível onde a realimentação negativa permite que o modelo se auto-ajuste. O sistema aberto é limitado entre a entrada e a saída, e é auto-ajustado pelas influências externas, figura 4.1.

O modelo de um sistema aberto de aprendizagem é composto basicamente de:

- Sistema didático;
- Sistema tecnológico de instrução.

As componentes principais do sistema aberto são:

1. Demanda de conhecimento;
2. Aprendizes;
3. Contexto educacional;

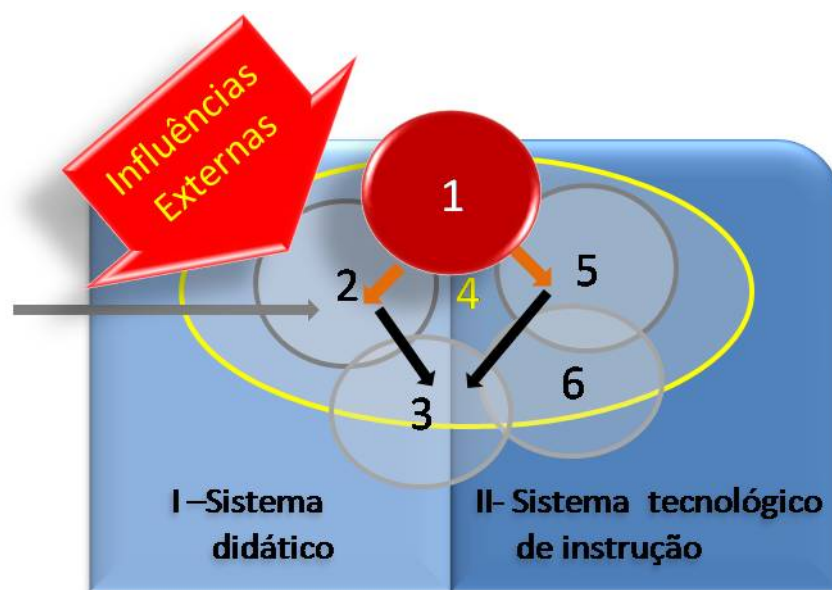


Fig. 4.1: Modelo de um Sistema Aberto

4. Processos didáticos;
5. Educadores e recursos;
6. Formas de organização.

Uma estratégia de aprendizagem possível para os sistemas abertos é baseada no uso de métodos indutivos, em busca de uma meta-cognição. A indução aciona o processo psicopedagógico de formação de um conhecimento maior a partir de fatos isolados. Através de dedução haverá uma adaptação do contexto educacional a exemplos reais e pragmáticos. Portanto, um método heurístico de aprendizagem que adapta as regras e a sucessão de atos para um estilo de aprendizagem do estudante que aprende a aprender. Nesta nova organização do contexto educacional é incluída a heurística ², conforme figura 4.2.

²É a parte da pesquisa que visa favorecer o acesso a novos desenvolvimentos teóricos ou descobertas empíricas. Define-se procedimento heurístico como um método de aproximação das soluções dos problemas, que não segue um percurso claro mas se baseia na intuição e nas circunstâncias a fim de gerar conhecimento novo. É o oposto do procedimento algorítmico que é uma sequência finita de instruções bem definidas e não ambíguas, onde cada uma delas pode ser executada mecanicamente num período de tempo finito e com uma quantidade de esforço finita.

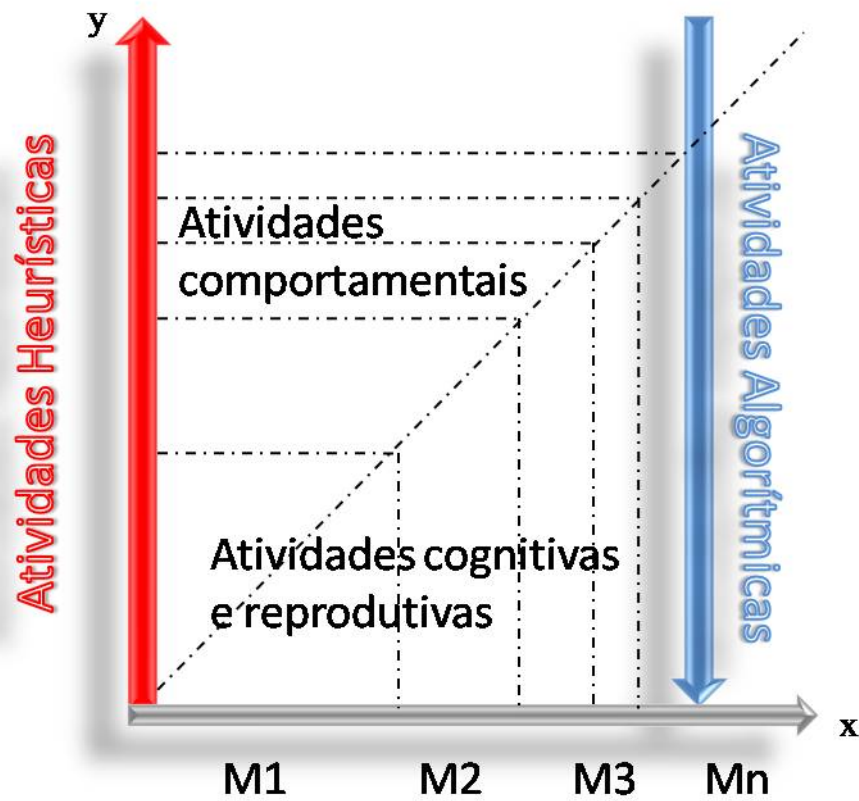


Fig. 4.2: Estratégia educacional dinâmica e flexível

4.1 Estrutura do Conhecimento

Quando Daniel Goleman escreveu sobre inteligência emocional [Gol00], e mais recentemente sobre inteligência ecológica [Gol09], chamou a atenção para várias questões relacionadas à informação e ao conhecimento. Além de significativas contribuições propostas pelo autor a várias questões sócio-econômicas, observa-se que um volume de dados pode ser tratado, organizado de várias maneiras e ainda pode gerar diferentes informações. Estas informações podem ser apresentadas e principalmente interpretadas segundo uma inteligência que promove conclusões e ainda, propõe decisões e ações a serem tomadas. Segundo Goleman, o QI (Quociente de Inteligência)³

³ Em 1912, Wilhelm Stern propôs o termo “QI” (quociente de inteligência) para representar o nível mental, e introduziu os termos “idade mental” e “idade cronológica”. Stern propôs que o QI fosse determinado pela divisão da idade mental pela idade cronológica. Assim uma criança com idade cronológica de 10 anos e nível mental de 8 anos teria QI 0,8. Em 1939, David Wechsler criou o primeiro teste de QI desenvolvido explicitamente para adultos, tendo abandonado o sistema da divisão da “idade mental” pela cronológica (método que não faria grande sentido para adultos).

não é necessariamente a melhor referência para avaliação desta inteligência, onde o fator emocional tem assumido um valor mais significativo e cuja consciência ecológica ganha cada vez maior relevância. Estas novas proposições sugerem um novo código para o tratamento da informação, talvez a chance para uma correção na maneira com que a informação e o conhecimento tem sido estudados. Tradicionalmente, a definição de informação e conhecimento sempre foram abordados de pontos de vista diferentes. Enquanto a informação era trabalhada pelas ciências exatas, sendo tratada como um conceito matemático para definir a comunicação, o conhecimento sempre foi trabalhado filosoficamente pela sociologia, filosofia e ciências humanas em geral. No final do século XX, a informação é vista como um instrumento imprescindível ao desenvolvimento social, político e econômico, quando a informação e o conhecimento passam então a constituir recursos econômicos fundamentais [Sco99]. Com a evolução das tecnologias da informação, estes dois conceitos se tornam objeto de uma mesma área, ou seja a “Ciência da Informação”. Assim, aquela visão do conceito de informação foi trazida para as ciências sociais e começou a ser trabalhada juntamente com o conceito de conhecimento. Como objeto de estudo também das ciências sociais surge então o termo “dado”, que fornece subsídios para discussões acerca de uma definição mais clara para estas questões. Esta nova Ciência da Informação, que se relaciona com con-

Em vez disso, os testes passaram a ser calibrados de forma a que o resultado médio fosse 100, com um desvio-padrão de 15. Em 2005, o teste de QI mais usado no mundo foi o “*Raven Standard Progressive Matrices*”. A classificação, originalmente proposta por Davis Wechsler era a seguinte:

- QI acima de 127: Superdotado
- 121 - 127: Inteligência superior
- 111 - 120: Inteligência acima da média
- 91 - 110: Inteligência média
- 81 - 90: Embotamento ligeiro
- 66 - 80: Limítrofe
- 51 - 65: Debilidade ligeira
- 36 - 50: Debilidade moderada
- 20 - 35: Debilidade severa
- QI abaixo de 20: Debilidade profunda

teúdos e temas de diversas áreas do conhecimento, recebe destas áreas contribuições para a construção de seu arcabouço teórico. Porém, neste ambiente multidisciplinar, onde juntam-se conceitos de áreas tão diversas (como exatas e humanas), a construção de conceitos interdisciplinares torna-se um grande desafio. Do ponto de vista da filosofia, a teoria do conhecimento investiga quais são os problemas decorrentes da relação entre sujeito e objeto do conhecimento, bem como as condições do conhecimento verdadeiro [Ara93]. Busca também compreender o pensamento humano em sua referência objetiva, em seu relacionamento com os objetos. A relação de todo pensamento com os objetos é o objeto formal da teoria do conhecimento. Por isso é descrita também como teoria do pensamento verdadeiro [Hes00]. Tratada como crítica do conhecimento, gnosiologia ou epistemologia⁴, a teoria do conhecimento recebe então um olhar geral e outro especial, onde a primeira investiga a relação do pensamento com o objeto em geral e a segunda toma como referência o pensamento do homem relativo aos objetos. Em outras palavras, ela investiga os conceitos primitivos mais gerais com que tentamos definir os objetos. Embora os problemas relacionados com o conhecimento tenham sido tratados por quase todos os filósofos, a importância da teoria do conhecimento enquanto disciplina filosófica independente é relativamente recente. Foi “Kant” quem focalizou o problema do conhecimento com sua crítica da razão. Em relação à origem do conhecimento, duas correntes opostas colocam, de um lado, a experiência sensível, de outro, a razão, como fonte do conhecimento. Para o empirismo, o pensamento se forma a partir da percepção, ou seja, da representação de objetos reais e é imediato, sensível e intuitivo; para o racionalismo, o pensamento estabelece relações, cria conceitos e noções gerais e abstratas e é mediato e racional. Decartes e Bacon propuseram duas abordagens para a busca do conhecimento, o dedutivo e o indutivo, e representaram os dois polos do esforço pelo conhecimento na

⁴ Gnosiologia (também chamada Gnoseologia) é o ramo da filosofia que se preocupa com a validade do conhecimento em função do sujeito cognoscente, ou seja, daquele que conhece o objeto. A Epistemologia estuda a origem, a estrutura, os métodos e a validade do conhecimento (daí também se designar por filosofia do conhecimento). Ela se relaciona ainda com a metafísica, a lógica e o empirismo, uma vez que avalia a consistência lógica da teoria e sua coesão fatural

Idade Moderna, o racional e o empírico. A partir da dúvida mais radical Descartes propunha a construção do conhecimento por via da matemática, a qual permitiria uma ciência geral que tudo explicaria em termos de quantidade, independentemente de qualquer aplicação a objetos particulares. Seu método era de dúvida: tudo era incerto até que fosse confirmado pelo raciocínio lógico a partir de proposições auto-evidentes, ao modo da geometria. Bacon propunha a construção do conhecimento baseado em experimentos organizados e cooperativos, com o registro sistemático dos resultados. Leis gerais poderiam ser estabelecidas somente quando os experimentos tivessem produzido dados suficientes e então, por raciocínio indutivo, ou seja a partir de situações particulares e evoluindo-se gradualmente e consistentemente, se chegaria aos axiomas mais gerais, que também serão postos à prova por novas experiências. Bacon vê a matemática como auxiliar das ciências naturais, mas não é muito claro quanto ao seu papel. Esquece-se de enfatizar o papel da hipótese científica, que depende da matemática porque é fruto de deduções cartesianas sobre o resultado dos experimentos. Assim, enquanto Descartes não iria muito longe além de suas ideias claras e distintas, caso não se valesse absolutamente dos conhecimentos empíricos que ele colocava na categoria do complexo e inseguro, também Bacon não avançaria sem a matemática. O desenvolvimento posterior da ciência provou que os dois caminhos se complementam quando o cientista experimental formula suas hipóteses com o auxílio da matemática, mas ainda não se havia chegado a esse estágio no início da época Moderna. Do ponto vista ainda filosófico, Rafael Capurro também relacionou epistemologia com a Ciência da Informação [Cap85]. Capurro busca, em São Tomás de Aquino, as raízes epistemológicas para o conceito de informação, a quem atribui o termo latim “informatio” implicando-lhe sentidos ontológico, epistemológico, pedagógico e linguístico. De acordo com Aquino, o homem consiste de uma união íntima entre a matéria, que é uma potência, e a alma (anima), que é o princípio ativo que informa a matéria. O resultado dessa união, ou informação (no sentido ontológico da palavra) é um ser sensitivo e inteligente. Aquino aplica esse esquema à análise

do conhecimento humano. Ele denomina o princípio do conhecimento de “anima intellectiva”, o qual inclui o princípio sensitivo, ou “anima sensitiva”. Conhecer um objeto significa a capacidade do intelecto passivo (ou possível) de compreender a espécie ou a forma do objeto. A forma sensível informa a sensação e o intelecto passivo (*informatio sensus, informatio intellectus, possibilis*), sendo que é o intelecto ativo que produz o ato de compreensão através da abstração do conceito universal advindo da forma representativa ou *phantasma*. As coisas materiais e sensíveis são compreendidas à medida em que são apreendidas pelo sentido, representadas pela imaginação e tornadas inteligíveis pelo intelecto. Em outras palavras, a compreensão humana (o conhecimento) não é puramente intelectual nem puramente sensível, porém uma união de ambos. Embora a filosofia moderna critique muitos aspectos deste paradigma, o termo informação tem aqui um importante papel. Ele refere-se à mediação entre a mente e os objetos à medida que eles são percebidos por nossos sentidos. Rafael Capurro destaca a existência de três pontos de vista distintos ao se estudar a informação:

1. o primeiro segue a tradição positivista ou racionalista, em que a Ciência da Informação considera a informação como algo objetivo na realidade exterior;
2. o segundo abandona a ideia da informação como um tipo de substância fora da mente e analisa o fenômeno da cognição humana como condição necessária para a determinação daquilo que possa ser chamado de informação.;
3. o terceiro busca na hermenêutica⁵ uma solução para a dicotomia sujeito/objeto presente nos dois primeiros, buscando uma definição social e pragmática de informação.

Para Capurro o ponto de vista positivista no estudo da informação é sustentado por três paradigmas, a saber:

⁵ O termo “hermenêutica” provém do verbo grego “hermeneuein” e significa declarar, anunciar, interpretar, esclarecer e, por último, traduzir. Significa que alguma coisa é tornada compreensível ou levada à compreensão.

- o paradigma da representação,
- o paradigma emissor-canal-receptor e
- o paradigma platônico.

De acordo com o paradigma da representação, os seres humanos são conhecedores ou observadores de uma realidade externa. O processo de conhecimento consiste da assimilação das coisas através de suas representações na mente/cérebro do sujeito. Essas representações, uma vez processadas ou codificadas em nossos cérebros, podem então ser comunicadas a outras mentes e/ou armazenadas e processadas em máquinas (computadores). Seres humanos são processadores de informação biológicos. Informação é a réplica codificada da realidade. Humanos podem utilizar informação para propósitos específicos e racionais, mas nada se fala contra a hipótese de que as máquinas também possam alcançar este nível de processamento e uso da informação. De acordo com esse paradigma, a Ciência da Informação preocupa-se com o estudo da representação, codificação e uso racional da informação.

O paradigma emissor-canal-receptor trata o fenômeno da comunicação humana como uma metáfora a ser aplicada em diferentes níveis da realidade. Ao comunicar-se, emissores e receptores trocam informação. Para que o receptor compreenda o significado da mensagem enviada pelo emissor, é necessário que exista um conjunto de signos. De acordo com esse paradigma, a Ciência da Informação preocupa-se principalmente com o impacto da informação no receptor. Ao mesmo tempo, receptores são buscadores ou usuários de informação com o objetivo de resolver seus problemas.

O paradigma Platônico apresenta um ponto de vista oposto aos dois anteriores: ao invés de considerar a existência de um sujeito detentor do conhecimento, considera a informação por si mesma. Pode ser materialista (o conhecimento não é um processo biológico, sociológico ou psicológico, mas emerge de transportadores não humanos)

ou idealista (o conhecimento é algo objetivo em si mesmo, independentemente de qualquer transportador material). De acordo com esse paradigma, a Ciência da Informação deve estudar o mundo da informação em si mesma.

Existe uma relação constante em todos estes estudos, uma interligação entre a linguagem e os textos, uma tradução uni ou bidimensional, onde a interpretação é feita sempre através de um texto ou uma imagem. Com o advento de novas tecnologias, no entanto, este paradigma precisa ser quebrado, novos códigos, novas comunicações e novos modelos de tradução precisam ser considerados, acelerando e expandindo a capacidade de interpretação de novas ferramentas [Ama06]. Os recursos educacionais ainda utilizam um tipo de interação associada a limitadas dimensões de comunicação [Men07]. O termo informação que remonta à Antiguidade e sofreu, ao longo da história, tantas modificações em sua acepção, que na atualidade seu sentido está carregado de ambiguidade, confundido frequentemente com comunicação, dado, instrução e conhecimento [Car96]. O objetivo da pesquisa em ciência da informação é permitir que o ciclo da informação-conhecimento-desenvolvimento-informação se complete e se renove infinitamente e, ainda, para que seu direcionamento esteja correto, seu desenvolvimento compatível e seus espaços adequados [Bar98]. Trata-se de um ciclo de formação do conhecimento semelhante ao proposto por Peirce [Not96], onde uma espiral de formação do conhecimento emerge do objeto, evoluindo para um signo e em seguida para o interpretante na mente do intérprete, em um ciclo de maturidade cognitiva que alcança seu limiar na condição do intérprete de agir no ambiente e assim, então, de reiniciar uma nova espiral do conhecimento a partir de um novo objeto, figura 4.3.

A informação gera conhecimento, que por sua vez gera desenvolvimento, que vem a gerar nova informação. Assim, a informação é a raiz do processo do conhecer e, portanto, instituinte da cultura. Nesse sentido, considera-se que:

- Informação é algo que um indivíduo gera ativamente e que outro indivíduo



Fig. 4.3: Sinais, Signos e Objetos

pode decidir internalizar;

- Cada indivíduo recebe e interpreta informação da sua própria maneira, dando-lhe significado pessoal;
- A percepção da informação é mediada pelo estado de conhecimento do receptor;
- Quando a informação é percebida e recebida, ela afeta e transforma o estado de conhecimento do receptor.

Capurro acredita que o usuário é considerado primariamente como um conhecedor e sugere uma possível solução para as dificuldades provenientes da dicotomia sujeito/objeto baseando-se na hermenêutica [Cap85]. Segundo o autor, quando se diz: armazenamento, recuperação e troca de informação, as pessoas agem como se informação fosse alguma coisa externa. Mas, ao contrário, são as pessoas que estão no mundo externo, compartilhando um espaço comum e, portanto, capazes de compartilhar explicitamente com outros, as condições e os limites da compreensão. Informação, num sentido hermenêutico-existencial, significa compartilhar um mundo comum. Ainda segundo Capurro, a informação não é nem o produto final de um

processo de representação, nem algo a ser transportado de uma mente para outra, nem ainda alguma coisa separada de uma cápsula de subjetividade, mas sim uma dimensão existencial do estado de convivência no mundo, uns com os outros. Para Platão, a alma humana é capaz de conhecer a significação absoluta de todas as coisas em sua pré-existência [Not96]. Assim, qualquer saber adquirido durante a vida, nada mais é que a recuperação daquela verdade. Para Simmel, o conhecimento é adquirido pelo processo de percepção (escolha + construção), assim a afirmação de que o conhecimento é apenas parte de um complexo dos conhecimentos idealmente existente permanece válida [Sim98]. Portanto, em qualquer instante da vida, ainda não será possível o conhecimento absoluto sobre tudo. A proposta de Simmel está em concordância com o terceiro ponto de vista sugerido por Capurro, pois ambos consideram que o ser humano compartilha, pragmaticamente, de um mundo comum, de onde abstrai o conhecimento. A conclusão proposta é que o conhecimento será sempre apreendido de modo subjetivo. Esta proposta é apoiada no modelo do processo de transmissão da informação, que quando faz uso da linguagem simbólica para representar o conhecimento, acaba agindo como elemento subjetivador desse conhecimento, que é o objeto. Cassirer atribuiu ao “círculo funcional” de Uexküll um fenomenalismo⁶ onde a realidade é diversificada; ela não pode ser a mesma para todos os seres vivos [Cas96]. Ainda segundo ele, existe uma realidade para cada organismo que, sendo monádico, é então fechado em si mesmo. Cada organismo tem uma maneira peculiar de receber e responder às informações. Para o ser humano, o círculo funcional está ligado ao sistema simbólico, que permite sua adaptação ao ambiente. Possui também um sistema receptor e um sistema efetuator que permite sua interação com o meio. São elos de uma cadeia que Uexküll descreve como círculo funcional. O ser humano utiliza-se de símbolos para compor uma linguagem própria onde o processo de simbolização ativa a razão. O que permite a dicotomia entre o

⁶Em epistemologia e filosofia da percepção, fenomenalismo é o conceito de que os objetos físicos não existem como coisas em si, mas apenas como fenômenos perceptuais ou estímulos sensoriais (por exemplo: vermelhidão, dureza, maciez, doçura etc.) situados no tempo e no espaço.

subjetivo e o objetivo como resultado da interpretação individual destes símbolos, e mais uma vez o conceito de informação associa-se ao conceito de conhecimento. A proposta de um novo protocolo, que permita uma interpretação similar do conteúdo simbólico, poderia ser então a chave para uma transferência eficaz do conhecimento, que até aqui é considerado impossível de ser reproduzido devido à subjetividade implícita em sua formação e também por estar associado, de maneira individual e única, a cada ser humano em função da experiência vivida e sua capacidade cognitiva. Na busca pela codificação que possa representar um estado do conhecimento pode-se utilizar as definições de dado, informação e conhecimento apresentadas por Setzer [Set99]:

Dado é uma sequência de símbolos quantificados ou quantificáveis. Como são símbolos quantificáveis, dados podem ser armazenados em um computador e processados por ele. Nessa definição, um dado é necessariamente uma entidade matemática e, desta forma, puramente sintática. Um dado é puramente objetivo; não depende do seu usuário.

Informação é uma abstração informal, que representa algo significativo para alguém através de textos, imagens, sons ou animação. Uma distinção entre dado e informação é que o primeiro é puramente sintático e o segundo contém necessariamente semântica. A informação é objetiva-subjetiva no sentido que é descrita de uma forma objetiva, mas seu significado é subjetivo, dependente do usuário;

Conhecimento é uma abstração interior, pessoal, de alguma coisa que foi experimentada por alguém, não pode ser descrito inteiramente, de outro modo seria apenas dado ou informação, não depende apenas de uma interpretação pessoal, requer uma vivência do objeto do conhecimento. Não pode ser inserido em um computador por meio de uma representação, pois senão teria sido reduzido a uma informação que seria associada à semântica. O Conhecimento, por sua

vez, é associado à pragmática. O conhecimento é subjetivo, ou seja, cada um tem a experiência de algo de uma forma diferente.

Esta visão dos conceitos sobre dado, informação e conhecimento apresentadas por Seltzer estabelecem as relações entre eles, onde informação e conhecimento apresentam-se como entidades distintas, pois da mesma forma que a informação pode ser fruto de um conhecimento acumulado, o conhecimento pode ser fruto de informação assimilada; estes podem existir independentes um do outro, pois o conhecimento está no usuário e não no conjunto de informações, o conhecimento está incorporado nas pessoas e a criação de conhecimento ocorre, ou não, no processo de interação social. Neste cenário a tecnologia sempre foi utilizada como instrumento de manipulação de dados e/ou da informação, mas não como ferramenta de apoio a interpretação. Os termos manipular dados, localizar uma informação, carregar um arquivo, visualizar uma tela ou mesmo um gráfico estão relacionados aos órgãos sensores e atuadores utilizados pelos seres humanos. As interfaces e suas relações não alcançam a parte subjetiva do conhecimento que fica então isolada da tecnologia e, de certa forma, limitam seu uso. Ao mesmo tempo em que se busca a compactação dos dispositivos, através de equipamentos cada vez mais cheios de utilidades e menores, também se enfrentam as limitações manuais ou visuais de acesso as estas telas ou teclados. O ser humano, cada vez que aumenta a velocidade de comunicação entre os computadores, esbarra na sua limitada capacidade de receber e processar estas informações. Ao se trabalhar em dimensões matemáticas, além das que seus sentidos alcançam, o ser humano se vê como seus antepassados que podiam ver e estudar espaços cuja exploração era inconcebível. Existiria então a oportunidade de promover as relações homem-máquina a condições mais favoráveis para a transferência do conhecimento? É neste contexto que se desenvolve a proposta principal desta tese. O papel do conhecimento nas sociedades tem sofrido muitas mudanças e sua importância para os indivíduos, organizações e sociedades tem se intensificado

[Wer93]. Neste contexto, Werzig propõe uma divisão cronológica para as alterações do papel do conhecimento em quatro fases históricas:

A despersonalização do conhecimento e as tecnologias da comunicação :

com o surgimento da escrita e das tecnologias de impressão, o conhecimento passa da condição de pessoal e oral, para outras condições onde pode ser escrito, armazenado e disseminado por pessoas que dominam a escrita. Esta nova realidade criou muitas dificuldades de adaptação do homem, que estava acostumado à oralidade, e passa então a existir uma vantagem para os que dominem a tecnologia da escrita.

A credibilidade do conhecimento e as tecnologias da observação :

com o advento da escrita, o homem passou a observar e descrever o mundo. O conhecimento produzido podia então ser colocado a prova e a demonstração. O refinamento e o aperfeiçoamento de métodos de coleta de dados e de metodologias de pesquisa tornaram então o conhecimento inteligível para os observadores e ao mesmo tempo passível de comprovação.

A fragmentação do conhecimento e as tecnologias da apresentação :

com o elevado volume de conhecimento produzido, o homem passa a fragmentá-lo em áreas de atuação, surgindo diversos modos de pensar um mesmo objeto. O conhecimento começa a se desmembrar por diversas razões:

- o volume crescente de conhecimento acumulado;
- a especificidade de cada área em relação a métodos de pesquisa;
- o surgimento de ideologias ou religiões, que conduziram o homem a um pluralismo de ideias e descrições do mundo.

A racionalização do conhecimento e as Tecnologias da Informação :

com as tecnologias da informação, o conhecimento passa a ter uma importância ainda maior. Existe então a necessidade de reduzir a complexidade do conhecimento e aumentar sua disseminação. Surgem assim, as técnicas de mapeamento do conhecimento (estudos ontológicos e semânticos). Com o acesso a novas interfaces sensoriais, este trabalho de tese defende a inclusão de uma nova fase do conhecimento.

A percepção do conhecimento e as tecnologias sensoriais : quando tudo que extrapolava a capacidade dos cinco sentidos humanos, até então atribuído à imaginação, passa então a ser percebido através de interfaces sensoriais que se propõem a expandir a capacidade humana de perceber os modelos e as várias formas do conhecimento. O homem passa a interagir com, e através, do mundo eletrônico com uma nova perspectiva, sem a obrigatoriedade do uso de telas, teclados, mouses e alcança a capacidade de perceber modelos matemáticos em dimensões de comunicação além das experimentadas até aqui. A transferência do conhecimento ganha uma nova possibilidade, a de transferir componentes subjetivas através de um novo protocolo semiótico.

Popper trabalha a teoria da mente objetiva, onde considera um mundo tripartite [Pop75], cuja argumentação baseia-se em sua filosofia pluralista, na qual o mundo consiste em, pelo menos, três submundos ontologicamente distintos:

- o primeiro é o material (o mundo dos estados materiais);
- o segundo, o mental (o mundo dos estados mentais) e
- o terceiro, o dos inteligíveis (o mundo das ideias no sentido objetivo). Este último é o mundo dos objetos de pensamento possíveis, o mundo das teorias em si mesmas e de suas relações lógicas, dos argumentos em si mesmos, e das situações de problema em si mesmas.

Nas palavras de Popper, um dos problemas fundamentais dessa filosofia pluralista refere-se à relação entre estes três mundos. Os três se relacionam de tal modo que tanto os dois primeiros quanto os dois últimos podem interagir. Assim, o segundo mundo, o mundo das experiências subjetivas ou pessoais, interage com cada qual dos outros dois mundos. O primeiro mundo e o terceiro mundo não podem interagir senão pela intervenção do segundo mundo, o mundo das experiências subjetivas ou pessoais, figura 4.4.



Fig. 4.4: Teoria da Mente Objetiva

A tese dos três mundos de Popper evidencia as relações causais entre os mesmos, bem como a objetividade do terceiro mundo como produto feito pelo Homem, onde admite que a compreensão dos objetos pertencentes ao terceiro mundo é que constitui o problema central das áreas das Humanidades[Pop75]. Assim, Popper afirma que as atividades ou processos representados pelo termo compreensão são atividades subjetivas, pessoais ou psicológicas. E desta forma, devem ser distinguidos do produto dessas atividades, o estado final da compreensão, a interpretação. “*Para ele toda interpretação é uma espécie de teoria e, como toda a teoria, é ancorada em outras teorias e outros objetos do terceiro mundo* [...] *Mas o ato subjetivo ou estado “disposicional” da compreensão só pode ser compreendido* [...], *através de suas conexões com os objetos do terceiro mundo*” [Pop75]. Popper apresenta suas três teses

referentes ao ato subjetivo de compreender:

1. Todo ato subjetivo de compreensão está amplamente ancorado no 3o. mundo;
2. Quase todas as observações importantes que podem ser feitas acerca de tal ato consistem em apontar suas relações com objetos do 3o. mundo; e
3. Tal ato consiste, principalmente, de operações com objetos do 3o. mundo: operamos com esses objetos quase como se fossem objetos materiais [Pop75].

Desta maneira, Popper articula os processos psicológicos de pensamento e os objetos do 3o. mundo, com a compreensão e solução de problemas, fazendo uma comparação com o método de representações subjetivas de Collingwood [Col86]. Na visão de Brookes, os três mundos de Popper são fundamentais para a área da Ciência da Informação, pois oferecem uma racionalidade para as atividades profissionais de organização do conhecimento em sistemas de recuperação da informação. Tal afirmação respalda-se nas seguintes observações:

- os cientistas naturais e tecnólogos exploram o 1o. mundo e depositam seus registros e artefatos no 3o. mundo;
- os cientistas sociais e humanistas estudam e refletem sobre o 2o. mundo e as interações do 2o. com o 1o. mundo; também depositam seus registros e artefatos no 3o. mundo;
- os matemáticos inventam abstrações e operam suas inter-relações dentro do 3o. mundo e nele depositam seus registros [Bro80].

Então, o trabalho prático do profissional da informação pode ser proposto como levantar, coletar e organizar para uso, os registros do 3o. mundo produzidos pelos indivíduos de uma sociedade. O terceiro mundo de Popper é o mundo do conhecimento e da informação no sentido objetivo, o qual compreende as expressões do pensamento científico, literário e artístico, registrados nos mais variados meios e formas, junto

com todos os registros da cultura humana. E estes registros são produzidos nos diversos domínios de conhecimento denominado “Universo do Conhecimento”, que é o nome dado ao estudo do conhecimento sob vários pontos de vista, considerando seus aspectos históricos, filosóficos e sociológicos.

4.2 Codificação de um Conhecimento Específico

Para que se possa propor um modelo de codificação, será necessário conhecer sua estrutura de formação e assim estudar os fatores estocásticos envolvidos na geração dos eventos e, portanto, sua grande participação no processo de assimilação da informação que pode se transformar em conhecimento. Após o estudo desta estrutura, serão abordados alguns conceitos sobre os “Sistemas Dinâmicos” e a “Teoria da Medida”, em seguida, uma descrição sobre as “Medidas Invariantes”, o “Teorema Ergódico de Birkhoff” e a “Teoria dos Autômatos”, todos analisados à luz de um modelo matemático que suporte uma codificação da sequência de formação de um conhecimento específico, ainda segundo os “Círculos Funcionais Elementares” e a “Espiral Semiótica” de aprendizagem implícita nos estudos de Charles Sanders Peirce [Mig08]. Em busca de um menor esforço computacional e do tratamento da informação processada e codificada, serão apresentados, de maneira resumida, alguns modelos de algoritmos que de maneira conjugada podem oferecer a flexibilidade desejada para a codificação de um conhecimento específico.

4.2.1 A Sequência de Formação do Conhecimento

Os sistemas inteligentes podem ser classificados pelo seu nível de autonomia, por sua função, por sua complexidade, pela confiabilidade e pela probabilidade de sobreviver segundo sua capacidade de aprender e de se adaptar [Mey99]. Meystel propôs o “*Loop of Intelligent System*”, um ciclo onde o SI (Sistema Inteligente) recebe um sinal de entrada externo, e a saída será a resposta da função que satisfaz as

especificações do objetivo do sistema inteligente. A autonomia, por outro lado, é caracterizada pela capacidade do SI de controlar com a mínima interferência externa seja para se guiar ou buscar seus objetivos. Assim, a capacidade de aprender é fundamental para que se alcance uma completa autonomia, já que neste caso não se considera qualquer suporte externo. Os SI são constituídos por seis subsistemas simbólicos, a saber:

1. Sensores (S);
2. Processamento Sensorial (PS);
3. Representação do Conhecimento (Representação do Mundo) (RM);
4. Geração de Comportamento (GC);
5. Atuadores (A) ;
6. Mundo (M).

Assim é formado o Círculo Funcional Elementar [Alb96] onde se verifica o fechamento semiótico do sistema, figura 4.5. Cada componente do círculo pode ser representado por um autômato [Mey99], já que são compostos por listas de variáveis que podem ser agrupadas em sub-listas de entradas, saídas e estados. O CFE (Círculo Funcional Elementar) como um todo, também pode ser considerado um autômato e seus sub-sistemas podem ser divididos em dois diferentes domínios:

1. Real - a parte referente à realidade (S - M - A);
2. Computacional - a parte referente à computação (PS - RM - GC).

A parte Real recebe comandos como entrada e produz sinais sensoriais em suas saídas enquanto que a parte computacional recebe a saída dos sensores e os objetivos produzindo a partir destes, comandos a serem executados, construindo e atualizando assim o modelo de Representação do Mundo inferindo as ações a serem tomadas nele.

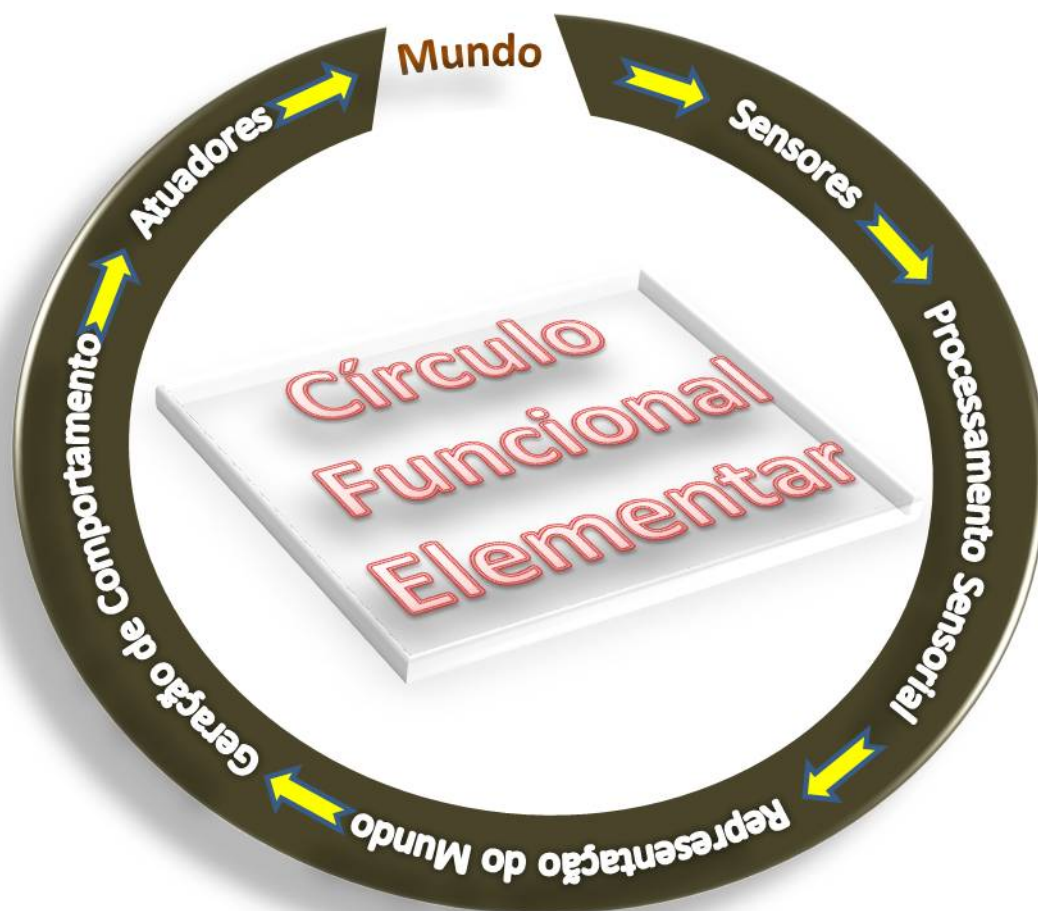


Fig. 4.5: Círculo Funcional Elementar

Várias ações de Generalização (*bottom-up*) e de Instanciação (*top-down*) devem ser executadas antes de se utilizar este modelo simbólico para representação de um SI. As ações de Generalização incluem o agrupamento de objetos simbólicos que necessitam executar procedimentos de Foco de Atenção sobre um domínio de interesse (FA - *Focusing of Attention*), Análise Combinatorial (CS - *Combinatorial Search*) de subconjuntos similares neste domínio, e Agrupamento (G - *Grouping*) destes subconjuntos similares em novos Objetos; este procedimento é chamado de GFS ou GFACS. A Generalização no subsistema simbólico do Processamento Sensorial está normalmente associada à sequência “sensor PS - RM - GC síntese” quando ao invés de sinais

de múltiplos sensores, um reduzido conjunto de sensores virtuais é considerado para o propósito de elaboração do Modelo de Representação do Mundo e da Geração de Comportamento. Um fenômeno típico da generalização é a redução da precisão da informação, aumento da granularidade, um aumento na escala. O conceito utilizado envolve o uso implícito ou explícito de uma abordagem estatística, baseada na teoria dos sistemas estocásticos. A utilização das médias dos dados presume tratá-los como um conjunto de dados representativos para a zona de estado-espço, o que é caracterizado pelo valor de uma propriedade específica. A média ao longo do tempo presume o uso implícito da hipótese “Ergódica”.

No processo de “instanciação”, utiliza-se o procedimento inverso, GFS (Grouping, Focus, Search) - Análise Combinatorial (CS) dos Grupos (G) candidatos a subsistemas simbólicos para a subsequente decomposição, e foco de atenção (FA) sobre eles e suas relações com outros objetos elementares. Instanciação no subsistema PS (Processamento Sensorial) é normalmente associado à decomposição sensorial, quando ao invés do sinal de um sensor virtual de baixa resolução, um conjunto de sensores reais é utilizado para elaboração da RM (Representação do Mundo) e na GC (Geração de um Comportamento). Ao contrário, os dois subsistemas (RM e GC) demonstraram aumentar o número de coordenadas como parte do processo de instanciação. Um fenômeno típico da instanciação é o aumento da precisão da informação. O processo de instanciação na RM ocorre pela árvore de decomposição do objetivo. Na realidade, a instanciação é um procedimento mais complicado do que a generalização porque necessita de uma análise combinatorial. Os procedimentos dos componentes (G, FA, e CS) são entendidos num sentido mais geral e podem ser compreendidos por uma multiplicidade de procedimentos computacionais. Um autômato do CFE (Círculo Funcional Elementar) em um nível de resolução específico é caracterizado pelas zonas de isonomia para todas as variáveis baseadas no nível de incerteza aceita por uma classe específica de problemas. Ele é também caracterizado pelo “tempo de resolução” (intervalo de tempo de amostragem). Este intervalo é muito próximo do

tempo de representação das coordenadas (ou a zona de erro no cálculo da coordenada). Estas zonas são “*fuzzy intervals*”, ou seja intervalos nebulosos. A relação entre todas as coordenadas de uma amostra de intervalo nebuloso e o tempo amostrado são determinados a partir da correspondente equação diferencial de transição e das funções de saída, ou a partir da transição e das regras de saída. O modelo de representação do mundo multiresolucional é formado por objetos [Mey99], que por sua vez são caracterizados por suas funcionalidades, atributos que podem ser considerados suas coordenadas. Objetos são constituídos por partes que normalmente são outros objetos de maior resolução. Os objetos podem ser decompostos em suas partes e, se necessário, podem ser partes de outros objetos. Objetos são também relacionados a outros objetos e todos os dados numéricos dos objetos são dados nebulosos. Objetos de um nível específico de resolução são obtidos a partir de objetos de um nível maior de resolução como resultado do uso do procedimento GFACS. Estes procedimentos descrevem conexões entre níveis adjacentes. As mudanças nos objetos ocorrem devido às ações. As ações são armazenadas na RM como parte da representação do objeto:

- a lista de ações que podem ser aplicadas ao objeto e as mudanças que ele produz;
- a lista de ações que podem ser produzidas pelo objeto e as mudanças que dele decorrem.

A RM deve ser organizada (construída e apresentada) contendo objetos e relações entre eles, bem como registros temporais de suas mudanças. Representações do Mundo propiciam generalizações em RM de menor resolução. Esta RM deve suportar procedimentos MR (Multiresolucionais) e o funcionamento de hierarquias multiresolucionais de GC (Gerações de Comportamento). Todos os níveis de Representação do Mundo descrevem os mesmos objetos e processos os quais diferem apenas em seus espaços e tempos de resolução. Os princípios de organização do conhecimento

para o CFE devem ser pré-requisitos para o desenvolvimento da teoria dos sistemas inteligentes:

1. Princípio de interpretação dos signos (símbolos, palavras) e atribuições (rótulo);
2. Princípio de representação da entidade-relacional;
3. Princípio da representação Multiresolucional, ou princípio da representação hierárquica aglomerada;
4. Princípio da heterogeneidade, ou princípio dos sistemas de representação de múltiplos signos;
5. Princípio da causalidade;
6. Princípio da eficiência;
7. Princípio da Indefinição (inclui o Princípio da Incerteza);
8. Princípio da retroalimentação;
9. Princípio da realimentação;
10. Princípio dos recursos limitados;
11. Princípio da continuidade;
12. Princípio da criatividade.

Todos os princípios são combinados sob condições do fechamento semiótico testado como uma parte do símbolo. Estes princípios seguem a lista apresentada e dependem um do outro, além disso, são organizados de maneira que seja possível se construir uma base conceitual com o crescimento gradual da complexidade dos problemas envolvidos.

Um autômato Semiótico Multiresolucional é definido como um autômato onde os vocabulários de entrada e saída (V_e, V_s), bem como as funções de transição e de saída

estão sendo generalizados pelo procedimento GFACS em um novo e resumido vocabulário de entrada/saída, e funções de transição e saída que vão formar um autômato de menor resolução. Estes (V_e, V_s, T_f, O_f) por sua vez, são decompostos em seus componentes de maior resolução pelo procedimento GFACS-1 em um outro vocabulário maior de entrada/saída, além de funções de transição e saída formando então um autômato de maior resolução. Os procedimentos GFACS e GFACS-1 são aplicados novamente ao novo autômato (para menor e maior resolução). Como resultado surge uma hierarquia multiresolucional, chamada de autômato Semiótico Multiresolucional⁷ (ASMR) [Mey99]. Neste autômato verifica-se o fenômeno do fechamento semiótico desde um simples CFE até os CFEs adjacentes. A hierarquia multiresolucional difere da estrutura hierárquica em árvore pelo fato de haver conexões entre os nós de um nível específico da hierarquia. Considera-se que a representação analítica da informação (baseada no cálculo diferencial e integral) é equivalente à representação do autômato uma vez que a transformação requer a substituição das equações diferenciais por um conjunto correspondente de equações diferença. A equivalência entre MRautômato e controladores lógicos ou linguísticos é muito simples. Assim o uso de autômatos multiresolucionais pode cobrir todos os componentes de representação típicos dos controladores híbridos. Conjuntos de autômatos em um nível específico de resolução formam redes de autômatos. Em alguns casos o uso de Redes de Petri pode ser benéfico para o projeto de controladores. O conjunto “Sensor - Mundo - Atuador” pode ser considerado um autômato real A_r que recebe comandos e produz observações, enquanto o conjunto “PS - RM - GC” pode ser considerado um autômato computacional A_c que recebe informações e um objetivo, e produz então comandos. Assim, um sistema inteligente pode ser considerado uma dupla de autômatos conectados “ $A_c < - > A_r$ ”. No entanto a unidade básica do sistema será um conjunto de autômatos interativos. A complexidade computacional deve ser analisada e relacio-

⁷Para efeito deste trabalho os termos Multiresolucional, Multigranular e Multiescala serão considerados sinônimos.

nada com o número de níveis das hierarquias multiresolucionais do MR-autômato, com sua representação e geração de comportamento. A complexidade de representação dos sistemas será tratada com o uso do procedimento GFS para generalização (*bottom-up*) e GFS Inversa para instanciação (*top-down*). Um sistema hierárquico de objetivos e planos pode ser por qualquer SI através de um procedimento GFS “*emph*top-down”. A relação existente no subsistema PS-RM-GC é considerada como um autômato multiresolucional para geração de um sistema multiresolucional de objetivos e planos. Cada nível do GC (gerador de comportamento) gera um plano. Todos estes planos juntos formam uma descrição consistente das mudanças temporais para todos os níveis de resolução. O sistema simbólico MR de planos propõe o sistema simbólico MR de Controle de Retroalimentação (CRA) e os Controles de Realimentação (CRE). Isso pode ser entendido desde que as sequências-temporais de comandos de entrada é obtida invertendo-se o plano para o nível. Desde que o inverso é obtido de um modelo imperfeito e os sinais reais contêm ruídos e distorções, o resultado da execução será diferente do planejado. Uma abordagem algébrica é aceita para a construção de uma arquitetura, e para o desenvolvimento de uma linguagem que possa descrever os processos. Utilizam-se as técnicas desenvolvidas de W. M. Wonham e aplicadas ao ambiente semiótico por J. Goguen [Gog98]. Inspirado nos conceitos dos sistemas nebulosos de L. Zadeh, a teoria do autômato “MR-Fuzzy” em categorias é o principal paradigma teórico utilizado[Gom07]. O aprendizado será parcialmente entendido como derivado da representação do mundo a partir das informações recebidas e das experiências anteriores[Gog98]. Outro componente importante é o aprendizado das regras das ações (controle) que serão uma vantagem competitiva no futuro, onde algoritmos de aprendizagem empregam procedimentos de generalização[Alb96].

O processamento rápido é resultado da modelagem dos espaços computacionais em vários níveis de resolução [Alb95]. A dificuldade em modelar o mundo está na subjetividade da interpretação dos números, computadores não conseguem responder

completamente questões como: quanto alto é um som ou quanto rápido um objeto se move? A possível resposta numérica não considera o contexto que pode ser interpretado pela inteligência humana, ou seja, “muito rápido”, “lento” ou ainda “muito lento” podem ser respostas suportadas por um raciocínio que considera o contexto. Modelar o mundo através de entidades do tipo rede de relacionamento pode ser uma alternativa [Daw02]; nestas entidades, os objetos que compõem o ambiente se relacionam uns com os outros.

Assim, uma vez modelado o mundo ou o ambiente, seria possível a tomada de decisão ou a geração de comportamento. Mudanças no modelo do mundo são detectadas na comparação entre os modelos formados nos tempos “t-1” e “t”. Estas mudanças estimulam uma entidade rede de relacionamento, que em resposta produz medidas de alterações na relação entre os objetos existentes. Antes da tomada de decisão um objetivo ou um conjunto de objetivos precisam ser definidos. As mudanças são percebidas através dos sensores que estimulam o modelo interno de representação do mundo gerando um repositório de representação do conhecimento (RRC). Certos estímulos sensoriais podem ter pouco significado a não ser que tenham sido experimentados anteriormente, mas antes que algum significado possa ser anexado a estes estímulos, eles tem que ser convertidos em informação, que possa ser entendida pela própria representação do conhecimento humano. Os sinais produzidos pelo mundo exterior são então detectados pelos sensores e processados para a representação do conhecimento. O processamento sensorial executa um mapeamento da informação entre os sensores e a representação do conhecimento, mas é a imaginação que proporciona o comportamento inteligente. Quando o processamento sensorial fornece alguma informação para o repositório de representação do conhecimento, e se percebe alguma alteração no ambiente, dispara-se o gerador de comportamento (GC), este por sua vez, na tentativa de verificar se as novas informações podem sugerir um desvio em relação ao plano ou uma ameaça potencial, inicia um ciclo de simulação. O comportamento inteligente surge quando o GC, de forma implícita, levanta

questões e propõe soluções como parte de um CFE, figura 4.6. Os objetivos do sistema e a habilidade de detectar mudanças com o modelo de representação do mundo proporciona a real tomada de decisão.

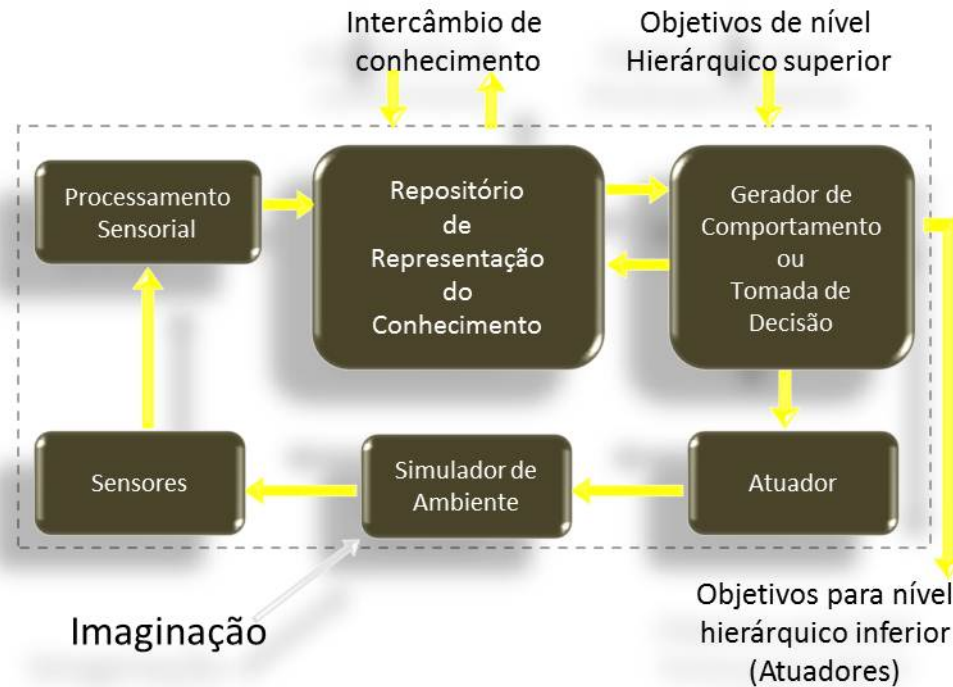


Fig. 4.6: O CFE constitui-se o diagrama fundamental de uma infraestrutura inteligente

O repositório de representação do conhecimento pode ser estruturado em três níveis:

1. O nível superior, que entende as intenções de comando;
2. O nível atual, que gera objetivos individuais e executa um planejamento além de acompanhar a execução;
3. O nível inferior, que entende as respostas aos comandos.

Este tipo de modelo simplifica o esforço computacional e facilita o entendimento e a colaboração. Quanto mais baixo o nível na hierarquia, maior a granularidade ne-

cessária para o planejamento e execução. Por exemplo, pode-se necessitar de um conjunto de informações mais detalhados para dirigir um carro do que para planejar uma viagem. Ao se utilizar diferentes níveis de resolução torna-se possível simplificar a computação, já que se considera somente o grau de detalhamento relacionado com o objetivo proposto. Ao se estudar um caminho, por exemplo, se o objetivo for conhecer as cidades percorridas, o nível de detalhamento ou a granularidade da análise, pode ser de algumas centenas de metros, mas se o objetivo é identificar alguma informação de alguma placa de sinalização, este detalhe talvez tenha que ser de poucos metros. O mapeamento completo do caminho poderá ser feito em vários níveis hierárquicos minimizando assim o processo computacional. Além disso, o processo colaborativo pode ser facilitado, principalmente entre sistemas inteligentes trabalhando no mesmo nível de granularidade. O estudo pode incluir outros objetos no ambiente com seus atributos específicos para formar relacionamentos que permitem estruturar redes entidade de relacionamento, onde a granularidade torna-se ainda mais importante. No processo colaborativo o repositório de representação do conhecimento de cada sistema inteligente se mantém atualizado compartilhando informações e conhecimentos que suportam um Modelo Comum de Conhecimentos Relevantes (MCCR).

4.2.2 Sistemas Dinâmicos

O conceito de sistema dinâmico nasce da busca pela construção de um modelo geral que possa ser utilizado para todos os sistemas que evoluam segundo uma regra que ligue o estado presente aos estados passados. Os primórdios da teoria dos sistemas dinâmicos podem ser identificados desde já no século XVI, nos trabalhos de mecânica celeste escritos por Johannes Kepler. As contribuições de Isaac Newton à modelagem matemática através da formalização da mecânica clássica abriram espaço para uma sofisticação crescente do aparato matemático que modela fenômenos mecânicos,

culminando nos trabalhos de Lagrange e Hamilton, que definiram a teoria da mecânica clássica num contexto matemático, que essencialmente é o mesmo estudado até hoje. O matemático francês Henri Poincaré é considerado um dos criadores da teoria moderna dos sistemas dinâmicos, tendo introduzido muitos dos aspectos do estudo qualitativo das equações diferenciais que permitiram estudar propriedades assintóticas das soluções de uma equação diferencial, como estabilidade e periodicidade, sem ser necessário resolver explicitamente a equação diferencial. Tal abordagem pode ser encontrada na sua obra-prima “*Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste*”, publicada em três volumes entre 1892 e 1899. Considera-se que o primeiro livro publicado na área de sistemas dinâmicos é a obra “*Dynamical Systems*”, escrita pelo matemático estado-unidense George Birkhoff, e publicada em 1927. Entre as ferramentas mais utilizadas na teoria dos sistemas dinâmicos estão a geometria diferencial, a teoria da medida e a geometria simplética. No entanto, para o propósito deste trabalho serão abordados dois modelos principais de sistemas dinâmicos:

1. Modelos de Sistemas Dinâmicos a tempo discreto;
2. Modelos de Sistemas Dinâmicos a tempo contínuo;

Os Modelos de sistemas dinâmicos a tempo discreto, se referem a transformações $f : M \rightarrow M$ em algum espaço métrico⁸ ou topológico⁹ M . Os Modelos Dinâmicos (MD) a tempo discreto são estudados considerando-se que f associa a cada estado $x \in M$ do sistema o estado $f(x) \in M$ em que o sistema se encontrará em uma unidade de tempo posterior. Já o um “fluxo” em M , que é um modelo de sistemas

⁸Em matemática, um espaço métrico (X, d) é um conjunto X munido de uma Métrica (ou distância), isto é, uma função $d : X \times X \rightarrow \mathbb{R}$ tal que para quaisquer $x, y, z \in X$,

- $d(x, y)$ é um número real, não negativo e finito
- $d(x, y) = 0 \iff x = y$
- $d(x, y) = d(y, x)$ (simetria)
- $d(x, z) \leq d(x, y) + d(y, z)$ (desigualdade triangular)

⁹Espaços topológicos são estruturas que permitem a formalização de conceitos tais como convergência, conexidade e continuidade.

dinâmicos a tempo contínuo, é uma família $f^t : M \iff M, t \in \mathfrak{R}$ de transformações satisfazendo:

$f^0 =$ identidade e $f^t \circ f^s = f^{t+s}$ para todo $t, s \in \mathfrak{R}$. Fluxos aparecem, por exemplo, associados a equações diferenciais: tome como f^t a transformação que associa a cada ponto x o valor no tempo t da solução da equação que passa por x no tempo zero. Em ambos os modelos, se supõe que o sistema dinâmico é pelo menos mensurável: na maior parte dos casos será até contínuo, ou mesmo diferenciável.

4.2.3 Teoria da Medida

Definição 4.1 (Álgebra dos Subconjuntos) *Uma álgebra de subconjuntos de M é uma família B de subconjuntos que contém M e é fechada para as operações elementares de conjuntos:*

- $A \in \beta$ implica $A^c = M \setminus A \in \beta$
- $A \in \beta$ e $B \in \beta$ implica $A \cup B \in \beta$

Então $A \cap B = (A^c \cup B^c)^c$ e $A \setminus B = A \cap B^c$ também estão em β , quaisquer que sejam $A, B \in \beta$. Além disso por associatividade, a união e a intersecção de qualquer número finito de elementos de β também estão em β .

Definição 4.2 (σ -álgebra) *Uma álgebra diz-se uma álgebra de subconjuntos de M se também for fechada para uniões enumeráveis:*

- $A_j \in \beta$ para $j = 1, 2, \dots, n, \dots$ implica $\bigcup_{j=1}^{\infty} A_j \in \beta$.

Observação. β também é fechada para intersecções enumeráveis:

se $A_j \in \beta$

para

$j = 1, 2, \dots, n, \dots$ então $\bigcap_{j=1}^{\infty} A_j = (\bigcup_{j=1}^{\infty} A_j^c)^c \in \beta$.

Definição 4.3 (Espaço Mensurável) *Um espaço mensurável é uma dupla (M, β) onde M é um conjunto e β é uma σ -álgebra de subconjuntos de M . Os elementos de β são chamados mensuráveis.*

Definição 4.4 (A menor σ -álgebra) *A σ -álgebra gerada por uma família ε de subconjuntos de M é a menor σ -álgebra que contém a família ε .*

No caso em que M vem munido da estrutura de espaço topológico, há uma escolha natural para ε , o conjunto dos subconjuntos abertos.

Definição 4.5 (σ -álgebra de Borel) *Seja (M, τ) um espaço topológico, isto é, M um conjunto e τ a família dos subconjuntos abertos de M . Então a σ -álgebra de Borel de M é a σ -álgebra gerada por τ , ou seja, a menor σ -álgebra que contém todos os subconjuntos abertos.*

Definição 4.6 (Espaço de Medida) *Uma medida num espaço mensurável (M, β) é uma função $\mu : \beta \rightarrow [0, +\infty]$ que satisfaz:*

1. $\mu(0) = 0$;
2. $\mu(\bigcup_{j=1}^{\infty} A_j) = \sum_{j=1}^{\infty} \mu(A_j)$ para quaisquer $A_j \in \beta$ disjuntos dois a dois.

A tripla (M, β, μ) é chamada “Espaço de Medida”. Quando $\mu(M) = 1$ dizemos que μ é uma medida de probabilidade e (M, β, μ) é uma espaço de probabilidade.

Outra propriedade na definição de medida é chamada a σ -aditividade.

Diz-se que uma função $\mu : \beta \rightarrow [0, +\infty]$ é finitamente aditiva se:

$$\mu\left(\bigcup_{j=1}^N A_j\right) = \sum_{j=1}^N \mu(A_j) \quad (4.1)$$

para qualquer família finita $A_1, \dots, A_N \in \beta$ de subconjuntos disjuntos dois-a-dois.

Note que toda medida é, automaticamente, finitamente aditiva.

Definição 4.7 (Teorema - Extensão) Seja β_0 uma álgebra de subconjuntos de M e seja $\mu_0 : \beta_0 \rightarrow [0, +\infty]$ uma função finita, finitamente aditiva $\mu : \beta \rightarrow [0, +\infty]$ que é uma extensão de μ_0 (isto é, μ restrita a β_0 coincide com μ_0) à σ -álgebra β gerada por β_0 . Se μ_0 é σ -aditiva então μ também o é.

Definição 4.8 (Teorema - σ -aditividade) Seja β_0 uma álgebra e seja $\mu_0 : \beta_0 \rightarrow [0, +\infty]$ uma função finitamente aditiva com $\mu_0(M) = 1$. Supondo que:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \mu_0\left(\bigcap_{j=1}^n A_j\right) = 0 \quad (4.2)$$

para toda a sequência $A_1 \supset \dots \supset A_j \supset \dots$ de conjuntos mensuráveis tal que $\bigcap_{j=1}^{\infty} A_j = \emptyset$. Então μ_0 é σ -aditiva.

Definição 4.9 (Teorema - Aproximação) Seja (M, β, μ) um espaço de probabilidade e seja β_0 uma álgebra que gera a σ -álgebra β . Então para todo $\varepsilon > 0$ e todo $B \in \beta$ existe $B_0 \in \beta_0$ tal que $\mu(B \Delta B_0) < \varepsilon$.

Definição 4.10 (Quase em toda parte) O termo “quase em toda a parte” em relação a uma medida, diz que uma propriedade é válida em μ -quase todo ponto se é válida em todo o M exceto, possivelmente, num conjunto de medida nula. Por exemplo, diz-se que duas funções f, g são iguais em μ -quase todo ponto se existe um conjunto mensurável N com $\mu(N) = 0$ tal que $f(x) = g(x)$ para todo $x \in M \setminus N$.

Um ponto $x \in M$ diz-se recorrente se a sua trajetória pelo sistema dinâmico $f : M \rightarrow M$ volta arbitrariamente perto de x quando o tempo vai para infinito. A dinâmica no conjunto dos pontos não-recorrentes é, em certo sentido, sempre a mesma, independentemente do sistema dinâmico. Por isso, é fundamental compreender o conjunto dos pontos recorrentes, já que ele contém toda a dinâmica do sistema.

4.2.4 Medidas Invariantes

Considere-se que as medidas μ são definidas na σ -álgebra de Borel do espaço M . Dizemos que μ é uma probabilidade se $\mu(M) = 1$. Considere-se as medidas finitas, isto é, tais que $\mu(M) < \infty$. Neste caso sempre podemos transformar μ numa probabilidade ν para isso basta definir:

$$\nu(E) = \frac{\mu(E)}{\mu(M)} \text{ para cada conjunto mensurável } E \subset M.$$

Em geral, uma medida μ diz-se invariante pela transformação f se

$$\mu(E) = \mu(f^{-1}(E)); \text{ para todo conjunto mensurável } E, \subset, M \quad (4.3)$$

Heuristicamente, isto significa que a probabilidade de um ponto estar num dado conjunto e a probabilidade de que a sua imagem esteja nesse conjunto são iguais. Note que a definição 4.3 faz sentido, uma vez que a pré-imagem de um conjunto mensurável por uma transformação mensurável ainda é um conjunto mensurável. No caso de fluxos, substitui-se a definição 4.3 por

$$\mu(E) = \mu(f^{-t}(E)) \text{ para todo mensurável } E \subset M \text{ e todo } t \in \mathfrak{R} \quad (4.4)$$

Muitos fenômenos importantes na Natureza e nas ciências experimentais são modelados por sistemas dinâmicos que deixam invariante alguma medida. O exemplo mais importante, historicamente, veio da Física: sistemas hamiltonianos, que descrevem a evolução de sistemas conservativos na mecânica newtoniana, e são descritos por fluxos que preservam uma medida natural, a medida de *Liouville*. Aliás sistemas dinâmicos, muito gerais, possuem medidas invariantes. O estudo sobre medidas invariantes pode conduzir a informações importantes sobre o comportamento dinâmico

do sistema, que dificilmente poderia ser obtida de outro modo, como o teorema de recorrência de Poincaré, por exemplo.

4.2.5 Teorema Ergódico de Birkhoff

A palavra ergódico é a concatenação de duas palavras gregas, *ergos* (trabalho) e *odos* (caminho), e foi introduzida por Boltzmann, no século XIX, no seu trabalho sobre a teoria cinética dos gases. Os sistemas em que Boltzmann, Maxwell e Gibbs trabalharam, são descritos por um fluxo hamiltoniano¹⁰ [MIT06].

Boltzmann acreditava que as órbitas típicas do fluxo preenchem toda a superfície de energia $H^{-1}(c)$ que as contém. A partir desta hipótese ergódica, ele deduzia que as médias temporais de grandezas observáveis (funções) ao longo de órbitas típicas coincidem com as respectivas médias espaciais na superfície de energia, um fato crucial para a sua formulação da teoria cinética. De fato, esta hipótese é falsa e, com o tempo, tornou-se usual chamar hipótese ergódica a sua consequência de igualdade das médias temporais e espaciais. Sistemas para os quais vale esta igualdade foram chamados ergódicos. E pode-se dizer que uma boa parte da Teoria Ergódica, tal como ela se desenvolveu ao longo do século XX, foi motivada pelo problema de decidir se a maioria dos sistemas hamiltonianos, especialmente aqueles que aparecem na teoria cinética dos gases, são ergódicos ou não.

Um avanço fundamental ocorreu nos anos trinta, quando Von Neumann e Birkhoff provaram que médias temporais existem para quase toda órbita. Em meados dos anos cinquenta, no entanto, Kolmogorov provou que muitos sistemas hamiltonianos não são ergódicos. Este resultado foi expandido por Arnold e por Moser, no que veio a ser chamado teoria “KAM” em homenagem aos três. Por outro lado, ainda

¹⁰Para um sistema fechado a soma da energia cinética e potencial no sistema é representado por um conjunto de equações diferenciais conhecido como as equações de Hamilton para este sistema. Hamiltonianos podem ser usados para descrever tais sistemas simples como uma bola quicando, um pêndulo ou uma mola oscilante na qual as mudanças de energia cinética para potencial e vice versa alternam-se no tempo. Hamiltonianos podem também ser empregados para modelar a energia de outros sistemas dinâmicos mais complexos tais como órbitas planetárias e na mecânica quântica.

nos anos trinta, E. Hopf tinha dado os primeiros exemplos importantes de sistemas hamiltonianos ergódicos, os fluxos geodésicos de superfícies com curvatura negativa. O seu resultado foi generalizado por Anosov, nos anos sessenta, para variedades de qualquer dimensão.

De fato, Anosov tratou uma classe bem mais geral de sistemas, tanto com tempo contínuo como com tempo discreto, que são chamados sistemas de Anosov, ou globalmente hiperbólicos. Nos anos setenta, Sinai desenvolveu a teoria das medidas de Gibbs dos sistemas de Anosov, conservativos ou dissipativos, que foi logo em seguida estendida por Ruelle e por Bowen para sistemas chamados Axioma A, ou uniformemente hiperbólicos, constituindo uma das maiores realizações da teoria ergódica diferenciável. No final dos anos cinquenta, Kolmogorov e Sinai introduziram a noção de “entropia”. Cerca de dez anos depois, Ornstein demonstra que a entropia é um invariante completo para deslocamentos “*Shifts*” de Bernoulli. O teorema fundamental da Teoria Ergódica afirma que, para qualquer subconjunto mensurável e para quase todo ponto, existe um tempo médio de permanência da órbita do ponto nesse conjunto. Em muitos casos, esse tempo médio de permanência é precisamente igual à medida do subconjunto, ou seja, órbitas típicas passam em cada subconjunto um tempo que é exatamente igual a “importância” que a probabilidade invariante atribui ao conjunto. Isto é o que se chama de “Ergodicidade”.

Dado $x \in M$ e um conjunto mensurável $E \subset M$, tomando-se um grande número de iterados iniciais da órbita de x e considerando-se a fração desses iterados que estão em E :

$$\tau(E, x) = \frac{1}{n} \# j \in \{0, 1, \dots, n-1\} : f^j(x) \in E \quad (4.5)$$

Escrito de outra forma, tem-se:

$$\tau(E, x) = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} X_E(f^j(x)), \quad (4.6)$$

onde X_E designa a função característica do conjunto E , isto é, $X_E(x) = 1$ se $x \in E$, caso contrário $X_E(x) = 0$.

Entende-se por tempo médio de permanência de uma órbita de x em E o limite desta frações quando n vai para infinito, assim:

$$\tau(E, x) = \lim_{n \rightarrow \infty} \tau_n(E, x), \quad (4.7)$$

Em geral, este limite pode não existir. No entanto, o “Teorema Ergódico” afirma que, relativamente a qualquer probabilidade invariante, o limite realmente existe para quase todo ponto, ou seja, para qualquer subconjunto mensurável e para quase todo ponto, existe um tempo médio de permanência da órbita do ponto nesse conjunto.

Definição 4.11 (Teorema decorrente da teoria ergódica) Seja $f : M \rightarrow M$ uma transformação mensurável e μ uma probabilidade invariante por f . Dado qualquer conjunto mensurável $E \subset M$, o tempo médio de permanência de $\tau(E, x)$ existe em μ -quase todo ponto $x \in M$. Além disso,

$$\int \tau(E, x) d\mu(x) = \mu(E) \quad (4.8)$$

Portanto, se $\tau(E, x)$ existe para um certo ponto $x \in M$, então:

$$\tau(E, f(x)) = \tau(E, X) \quad (4.9)$$

4.2.6 Entropia

A entropia de uma medida invariante é um conceito que contém diversas informações ergódicas do sistema dinâmico. Por exemplo, pode-se vê-lo como um número que mede quão desordenada a dinâmica de uma transformação que preserva uma medida pode ser. Outro aspecto interessante refere-se a distinguir duas transformações que preservam medida do ponto de vista de sua estrutura ergódica: se as suas entropias diferem, as transformações são definitivamente diferentes do ponto de vista ergódico. Além disso pode-se obter a “Entropia Topológica”, que é a relação entre esse invariante métrico e um invariante topológico para o sistema dinâmico.

A ME (Máxima Entropia) pode ser aplicada para análise de uma grande variedade de problemas na maioria das disciplinas da ciência; por exemplo, trabalhos sobre a reconstrução de imagem e análise espectral em medicina, física, química, biologia, topografia, engenharia, comunicação e informação, investigação de operações, ciência política e economia (tomografia, imagens de satélite, motores de busca, matriz insumo-produto, métodos tipo GMM, modelagem de dados em econometria), a investigação em estimação e inferência estatística (métodos Bayesianos e não Bayesianos), e inovações em curso no processamento de informação e de TI.

O desenvolvimento do método Máxima Entropia (ME) ocorreu através de duas linhas de pesquisa: Inferência Estatística (Bernoulli, Bayes, Laplace, Jeffreys, Cox) e modelagem estatística de problemas em mecânica, física e de informação (Maxwell, Boltzmann, Gibbs, Shannon). O objetivo da primeira linha de investigação é a de formular uma teoria/metodologia que permita a compreensão das características gerais (distribuição) de um sistema de informação parcial e incompleto. Na segunda linha de investigação, este mesmo objectivo é expresso na forma de determinar como atribuir valores numéricos (iniciais) das probabilidades quando apenas algumas quantidades globais limitadas (teoricamente) do sistema investigados são conhecidas.

O reconhecimento dos objetivos básicos comuns destas duas linhas de pesquisa

auxiliou Jaynes [Jay57] no desenvolvimento do seu trabalho clássico, de formalização da Máxima Entropia. Isto é, a formalização da ME foi baseada na filosofia da primeira linha de investigação e na matemática da segunda linha de investigação. Jaynes mostrou que maximizar estatisticamente a entropia (mecânica) com a finalidade de revelar o modo como as moléculas de gás estavam distribuídas, seria equivalente à simples maximização da entropia (de informação) de Shannon com informação mecânica estatisticamente distribuída[Sha01].

O método foi correto para atribuir probabilidades independentemente das especificidades da informação. Esta ideia conduziu à Máxima Entropia ou à utilização do Método da Máxima Entropia para atribuir probabilidades. Este método tem evoluído para um método mais geral, o método de Máxima Entropia relativa (MEr), que tem a vantagem de não só atribuir probabilidades, mas atualizá-las quando nova informação é dada sob a forma de restrições sobre as probabilidades.

4.2.7 Autômatos

Um autômato é um modelo matemático de uma máquina de estados finitos. Uma máquina de estados finitos é uma máquina que, ao receber uma entrada, “salta” por uma série de estados de acordo com uma função de transição que pode ser expressa numa tabela. Na máquina de Mealy¹¹, essa função de transição diz ao autômato qual será o próximo estado a assumir, dado um estado e um símbolo atuais. A entrada é lida símbolo a símbolo, até que seja completamente consumida (pense na

¹¹O nome “máquina de Mealy” tem origem no nome de G. H. Mealy, um pioneiro das máquinas de estado, que escreveu “*A Method for Synthesizing Sequential Circuits*”, Bell System Tech. J. vol 34, pp. 1045 a 1079, September 1955.

Uma máquina de Mealy é uma máquina de estado finito que produz um resultado (saída de dados) baseando-se no estado em que se encontra, e também na entrada de dados. Isto significa que o diagrama de estados irá incluir tanto o sinal de entrada como o de saída para cada vértice de transição.

Em contraste, a saída de uma máquina de Moore depende apenas do estado atual da máquina, sendo que as transições não possuem qualquer sinal em anexo. Mesmo assim, por cada máquina de Mealy existe uma máquina de Moore equivalente cujos estados consistem na união dos estados da máquina de Mealy e o produto cartesiano dos estados da máquina de Mealy com o alfabeto de entrada de sinais

máquina como sendo uma fita de vídeo contendo uma palavra escrita, que é lida pela cabeça de leitura do autômato; a cabeça se move através da fita, lendo um símbolo de cada vez). Uma vez esgotada toda a entrada, dizemos que o autômato está parado. Dependendo do estado em que o autômato para, diz-se que o autômato aceitou ou rejeitou a entrada. Se ele paralisou no estado de aceitação, dizemos que ele aceitou a palavra. Se por outro lado, ele parou no estado não-aceitação, a palavra foi rejeitada.

Ao conjunto de todas as palavras aceitas por um autômato chamamos de linguagem aceita por um autômato. Um autômato pode ser considerado como uma representação particular de um sistema dinâmico. Informalmente, pode-se dizer que o rótulo “dinâmico” tem o mesmo significado de “causal” onde, as entradas passadas influenciam o futuro. A noção matemática de sistema dinâmico serve para descrever o fluxo de causa e efeito entre o passado e o futuro.

Em um sistema dinâmico descreve-se um sistema como se estivesse descrevendo o mecanismo de como ele trabalha (internamente), especificando como o conjunto dos estados varia com o tempo. Tal descrição é suficiente para gerar uma definição comportamental.

Definição 4.12 (Objeto matemático que descreve um sistema dinâmico)

$$S_d = \{T, U, \psi, Y, \Lambda, X, \Sigma, \delta\} \quad (4.10)$$

onde:

\mathbf{T} é o conjunto dos tempos,

\mathbf{U} é o conjunto dos valores de excitação,

ψ é o conjunto de funções de excitação $\chi \in \psi = \{\chi : T \rightarrow U\}$,

Y é o conjunto dos valores de resposta,

Λ é o conjunto dos valores de resposta $\lambda \in \Lambda = \{\lambda : T \rightarrow Y\}$,

X é o conjunto dos estados,

Σ é a função de transição dos estados $\Sigma : T \times T \times \psi \times X \rightarrow X$,

δ é a função de saída $\delta : T \times X \times U \rightarrow Y$

Informalmente, a noção de sistema dinâmico corresponde a um sistema funcional temporal cujo estado varia com o tempo dependendo do valor da excitação colocada na entrada do sistema. Assim, todos os sistemas dinâmicos são sistemas temporais e funcionais. As escolhas particulares dos conjuntos envolvidos na definição de sistema dinâmico conduzem a diferentes tipos de sistemas. O sistema tem uma saída que é função do tempo, do estado e do valor da excitação num determinado instante, que é a resposta do sistema dinâmico. Em linguagem corrente os pares excitação/entrada e saída/resposta são considerados sinônimos. Na definição precedente foi feita a distinção para diferenciar as funções Δ e δ .

Definição 4.13 (Sistema dinâmico contínuo no tempo) *Um Sistema Dinâmico Contínuo no Tempo (ou sistema contínuo no tempo) é um sistema dinâmico onde:*

T é um subconjunto compacto dos números reais,

X, U, Y são subconjuntos de R^n, R^m, R^p , espaço real n, m, p - dimensional,

Σ é um conjunto de funções diferenciáveis em relação a t .

Definição 4.14 (Sistema dinâmico discreto) *Um Sistema Dinâmico Discreto no Tempo (ou sistema discreto no tempo) é um sistema dinâmico no qual o conjunto dos tempos é um subconjunto dos inteiros.*

Definição 4.15 (Sistema invariante) *Um Sistema Invariante no Tempo é um sistema dinâmico cuja função de transição depende de um único elemento de T e a função de saída é independente de T .*

É útil tomar como uma primeira aproximação de um sistema real um modelo invariante no tempo ou sistema estacionário. O fato de que a função de transição depende somente de um elemento de T , significa que o valor do estado não depende do tempo inicial nem do tempo considerado, mas somente do intervalo de tempo entre o tempo inicial e o tempo considerado. A função de saída sendo independente do tempo significa que para qualquer instante, estado e entrada iguais, produz-se a mesma saída. Se este é o caso, para qualquer tempo inicial, somente a duração do experimento é importante para determinar o estado e a saída em qualquer instante. Um tipo muito usual de sistema dinâmico em Ciência da Computação é a máquina de estados finitos. Informalmente, uma máquina de estados finitos é um sistema dinâmico onde o conjunto dos tempos é o conjunto dos inteiros, e a excitação, a resposta e os estados são conjuntos finitos. Neste caso, os valores possíveis da excitação e da resposta são referidos como alfabetos de entrada e saída. Sob estas simplificações, não é essencial indicar explicitamente o conjunto dos tempos T nem explicitamente introduzir ψ e Λ . Por outro lado, é usual declarar explicitamente um estado inicial correspondente ao tempo zero.

Definição 4.16 (Sistema dinâmico invariante) *Um autômato (ou máquina) é descrito abstratamente como uma sêxtupla:*

$$A_t = \{U, Y, X, x_0, \lambda, \eta\} \quad (4.11)$$

U é um conjunto finito de excitações,

Y é um conjunto finito de respostas,

X é um conjunto de estados ou espaço de estado,

$x_0 \in X$ é o estado inicial,

$\lambda : U \times X \rightarrow X$ é a função de próximo estado ou função de transição,

$\eta : U \times X \rightarrow Y$ é a função de próxima resposta.

Um autômato é um sistema dinâmico invariante e discreto no tempo. Quando o espaço de estado é um conjunto finito, o autômato é chamado de autômato finito. Então, esta sêxtupla formal é interpretada como sendo uma descrição matemática de uma máquina à qual, se no tempo t_0 , estiver no estado x_0 e receber um segmento de entrada u do tempo t_0 ao tempo t estará no tempo t no estado $\lambda(x, u)$ e emitirá a saída $\eta(x, u)$.

Os autômatos finitos e que utilizam linguagens regulares, podem ser divididos em três tipos:

Autômatos finitos determinísticos : Cada estado de um autômato desse tipo tem uma transição para cada símbolo do alfabeto;

Autômatos finitos não determinísticos : Os estados de um autômato desse tipo podem ou não ter uma transição para cada símbolo do alfabeto, ou podem ter até mesmo múltiplas transições para cada símbolo. O autômato aceita uma palavra se existir pelo menos um caminho a partir de S_0 para um estado em F rotulado com a palavra da entrada. Se a transição é indefinida, já que o autômato não sabe como manter a leitura da entrada, a palavra é rejeitada;

Autômatos finitos não determinísticos com “e” transições : Além de ser capaz de pular para mais (ou nenhum) estados com quaisquer símbolos, esse tipo de autômato pode pular para outros estados sem que haja nenhum símbolo(string vazia). Ou seja, se um estado tem uma transição rotulada por “e”,

então o autômato finito não determinístico pode estar em qualquer um dos estados alcançados por “e-transições”, ou diretamente, ou através de outros estados com “e-transições”. O conjunto de estados que podem ser alcançados por esses autômatos é chamado de “e-fechamento” de “q” (representa um estado).

Em função de linguagens mais complexas, também podem ser classificados como:

Autômatos à pilha ou pushdown : Tais máquinas são idênticas aos autômatos finitos determinísticos, exceto pelo fato deles adicionalmente carregarem a memória sob a forma de pilhas. A função de transição d irá depender agora dos símbolos que estão no topo da pilha, e especificarão como a pilha deve ser modificada a cada transição. Os autômatos à pilha aceitam linguagens livres de contexto;

Máquina de Turing : Essas são as mais poderosas máquinas computacionais. Elas possuem uma memória infinita sob a forma de uma fita, uma cabeça que pode realizar a leitura ou alteração da fita, além de poder movimentar-se ao longo da fita. As máquinas de Turing são equivalentes a algoritmos e compõem a base teórica da computação moderna. Máquinas de Turing aceitam linguagens recursivamente enumeráveis;

Autômato linearmente limitado ou linear bounded : É uma máquina de Turing limitada; ao invés de ser uma fita infinita, a fita tem uma quantidade de espaço proporcional ao tamanho da “*string* de entrada”. Aceitam linguagens sensíveis ao contexto.

Os conceitos básicos presentes na descrição de um autômato incluem o átomo, o alfabeto, a cadeia, a sentença, a linguagem, a gramática, a derivação, os reconhecedores e o reconhecimento, assim definidos:

ÁTOMO : elemento básico da linguagem;

ALFABETO : conjunto de átomos;

CADEIA : concatenação arbitrária de símbolos do alfabeto;

SENTENÇA : cadeia pertencente à linguagem;

LINGUAGEM : conjunto de todas as sentenças válidas;

GRAMÁTICA : enumeração ou conjunto de leis de formação;

DERIVAÇÃO : obtenção de sentenças usando gramáticas;

RECONHECEDORES : conjunto de regras de aceitação;

RECONHECIMENTO : aceitação das sentenças da linguagem.

Os autômatos podem ser diferenciados segundo a gramática formal que, Noam Chomsky classificou-as em 4 tipos:

Tipo 0 GI - Gramáticas irrestritas, que geram linguagens estruturadas em frases;

Tipo 1 GSC - Gramáticas sensíveis ao contexto, que geram linguagens sensíveis ao contexto

Tipo 2 GLC - Gramáticas livres de contexto, que geram linguagens livres de contexto;

Tipo 3 GL - Gramáticas lineares, que geram linguagens regulares.

Chomsky introduziu as ideias de uma hierarquia onde as sentenças de uma linguagem seguiriam a estrutura desta hierarquia, mostrando a expressividade das gramáticas, bem como o poderio dos autômatos reconhecedores[Cho59]. Esta teoria classificava as linguagens segundo suas gramáticas conforme a figura 4.7: as Linguagens Regulares (LR) (nível 3), Livres de Contexto (LLC) (nível 2), Sensíveis ao Contexto (LSC) e (nível 1) e Linguagens Enumeráveis Recursivamente (LER) (nível

0). O enquadramento de uma linguagem em um nível da Hierarquia de Chomsky é regido pelo formato das regras de produção das gramáticas. Para cada nível da hierarquia de Chomsky existe um dispositivo capaz de reconhecer se uma dada cadeia de símbolos pertence ou não a determinada linguagem. Estes dispositivos são chamados de reconhecedores, e que constituem assim os autômatos finitos (AF), autômatos de pilha (AP), autômatos linearmente limitados (ALL) e máquinas de Turing em ordem decrescente dos níveis hierárquicos de Chomsky.



Fig. 4.7: As linguagens segundo a hierarquia de Chomsky

Pelo fato das linguagens serem classificadas na hierarquia de Chomsky de acordo com as limitações impostas nas regras de produção das gramáticas, ao se descer na hierarquia de Chomsky, estas gramáticas permitem uma maior flexibilidade de modo que, toda LR é uma LLC, toda LLC é uma LSC, e toda LSC é uma linguagem de nível 0.

Quando se pensa em utilizar uma arquitetura baseada em planos, ou seja, fazer emergir comportamentos mais complexos que envolvam tarefas como planejamento de trajetórias e mapeamento de ambientes, os agentes criam mapas em nível simbólico, e torna-se necessário a memorização de símbolos, que podem ser marcos oriundos do ambiente. Neste contexto, precisamos de autômatos que suportem memorização des-

tes dados, bem como tornar possível que estes marcos sejam passo fundamental para os comportamentos estudados. Desta forma, estes comportamentos estariam contidos nos níveis 1 e 2 da hierarquia de Chomsky. Comportamentos podem ser projetados em variados tipos de implementações[Mat98]. Em geral eles são representados em níveis mais altos do que as próprias ações atômicas dos atuadores. Desta forma, comportamentos clássicos na literatura são: “buscar-objeto”, “alimentar”, “contatar”, “agrupar”, “seguir”, etc. A filosofia de descrição de comportamentos em nível mais alto geralmente será seguida; no entanto, por vezes será necessária a decomposição dos comportamentos em níveis de abstração menores. Esta abordagem de decomposição permite a abstração dos detalhes de implementação e naturalmente sugere uma filosofia de projeto “*top-down*”. Iniciando-se no nível mais alto, definindo o comportamento global, especificando uma coleção de comportamentos mais simples e específicos, que serão utilizados para gerar os comportamentos mais complexos.

No entanto, as bases teóricas sobre as quais se edificaram os conceitos de alfabeto, de sentenças, das linguagens e das gramáticas consideraram uma comunicação unidimensional (textos simples), muito aquém do poder de outras formas de representação de mídia como os hipertextos, por exemplo. Estes são melhor representados como um documento eletrônico armazenando dados em uma rede de nós conectados por “*links*” que associados a elementos como figuras, por exemplo, são referências para outras partes do documento, o que se implementa fazendo os “*links*” ou conexões relatarem nós de informação. A ideia do documento na forma de texto ter se estendido para a hipermídia, se deve ao fato de que os nós interconectados podem ser, não somente texto, mas também outras formas de dados, tais como gráficos, fala digitalizada, gravação de áudio, fotos, animação, clips de filme, etc. Este novos tipos de comunicação possuem a habilidade de armazenar e recuperar dados eficientemente, de uma forma não linear. A teoria de autômatos incorpora aspectos declarativos e dinâmicos de um sistema, entradas passadas influenciam o futuro mas o contrário não é verdadeiro, ela auxilia o desenvolvimento destes sistemas hipermídia.

Um modelo formal de hipertexto, pode ser fundamentado na Teoria de Autômatos, incorporando não somente os aspectos declarativos do sistema, mas também aspectos dinâmicos, como a evolução do autômato no tempo em resposta à sequência de entrada de dados. Conforme visto anteriormente, um autômato pode ser considerado como uma particularização de um sistema dinâmico. Em um sistema dinâmico descreve-se o sistema como se este estivesse descrevendo o mecanismo de como ele trabalha (internamente), e especificando como o conjunto de seus estados variam com o tempo. Tal descrição é suficiente para gerar uma definição comportamental [Al00]. Um sistema dinâmico discreto no tempo, que é um sistema dinâmico no qual o conjunto dos tempos é um subconjunto dos inteiros, pode ser a máquina de estados finitos que, informalmente, é um sistema dinâmico onde a entrada, a saída e os estados são conjuntos finitos. Neste caso, os valores possíveis da entrada e da saída são referidos como alfabetos de entrada e saída. Sob estas simplificações, não é essencial indicar explicitamente o conjunto dos tempos T nem explicitamente introduzir os conjuntos de funções de entrada e de saída do sistema. Sendo que, um autômato é um sistema dinâmico invariante e discreto no tempo, se o espaço de estados é um conjunto finito, o autômato é chamado de autômato finito, então, a sua sêxtupla formal é interpretada como sendo uma descrição matemática. Ou seja, se no tempo t_0 , estiver no estado x_0 e receber um segmento de entrada u , do tempo t_0 ao tempo t , estará então no tempo t no estado $\lambda(x, u)$ e emitirá a saída $\eta(x, u)$. A introdução de características dinâmicas parece aumentar as possibilidades do hipertexto em ambientes de aprendizagem computadorizados, conforme demonstrados em Pagano [Pag91]. O modelo de um autômato, figura 4.8, com alfabeto de entrada $U = \{0, 1\}$, alfabeto de saída $Y = \{\alpha, \beta\}$ e o conjunto de estados $X = \{x_1 = A, x_2 = B, x_3 = C\}$, pode ser utilizado como base para o protocolo que codifica a formação de um conhecimento específico.

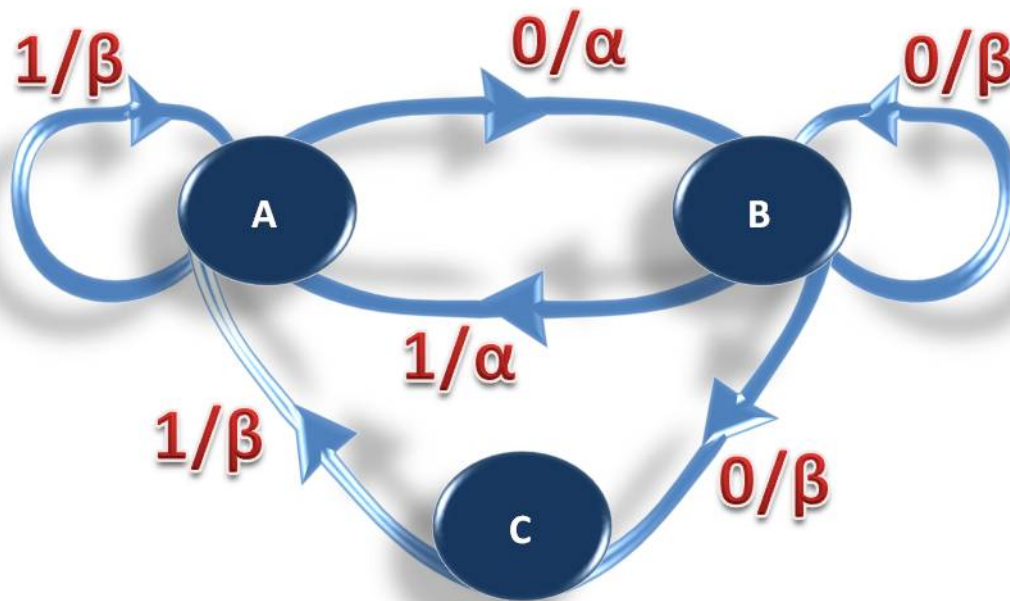


Fig. 4.8: O modelo de um autômato finito

4.2.8 Autômatos Adaptativos

Os “Autômatos Adaptativos” (AA) incorporam a capacidade de se auto-reconfigurar em resposta a um estímulo externo. Como resultado, seu comportamento se modifica de acordo com o conjunto de informação. Três diferentes ações adaptativas elementares são permitidas:

inspeção : busca do conjunto de estados para uma dada transição;

eliminação : eliminação de uma transição;

inserção : inclusão de uma nova transição.

Um AA pode ser representado através de suas características principais, figura 4.9:

ea : estado anterior, antes da transição;

ep : estado posterior, após a transição;

a : entrada;

B : ação adaptativa aplicada antes da transição;

A : ação adaptativa aplicada após a transição.

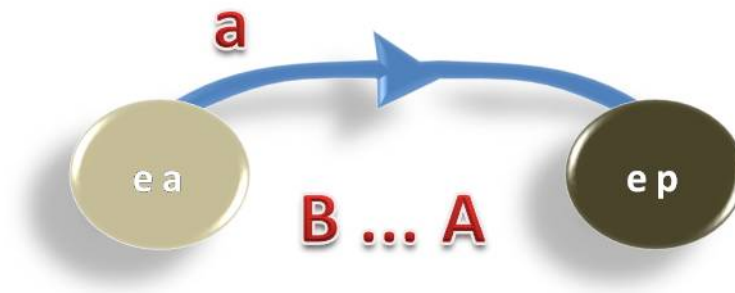


Fig. 4.9: O modelo de um autômato adaptativo

Uma ferramenta importante do processo de aprendizagem é a identificação de objetos. O reconhecimento de elementos no espaço externo e a sua configuração no espaço interno, como base para a formação de um conhecimento, estão relacionados com o processo de reconhecimento de padrões ou classificação. Estes processos buscam associar ou distinguir o novo objeto entre diferentes tipos de padrões estabelecidos inicialmente, normalmente já incorporados à base de conhecimento. O processo como um todo envolve a informação proveniente do sensor até a classificação e pode ser descrito pelas seguintes etapas:

Sensorial : que além da visão computacional, considera outros tipos de aquisições e, conseqüentemente, outros tipos de sensores;

Pré-processamento e melhoramento : quando a entrada é primeiramente codificada ou aproximada por alguma forma conveniente para depois ser processada;

Algoritmos de extração : aqui é feita a segmentação da imagem e a extração de primitivas;

Classificação : é o processo de reconhecimento propriamente dito, depois de determinado o conjunto de primitivas ou vetores característicos para a imagem em questão.

Os estudos em inteligência artificial podem ser divididos em duas grandes áreas: o desenvolvimento de sistemas que agem como humanos (robôs) e o desenvolvimento de sistemas que agem racionalmente. Dentro do contexto dos sistemas que agem racionalmente, duas abordagens principais podem ser utilizadas: raciocínio lógico e raciocínio probabilístico. O raciocínio lógico pondera sobre o conhecimento prévio a respeito do problema e, sobre esta base de conhecimento retira suas conclusões. Esta abordagem, apesar de poderosa, pode não ser útil em situações onde não se conhece previamente todo o escopo do problema; para estes casos, o raciocínio probabilístico surge como uma boa opção. Assim os algoritmos de classificação podem ser divididos como:

Sintáticos : como grafos e gramáticas;

Estatísticos : como redes de “*Bayes*” ou métodos dos vizinhos próximos;

Neurais : redes neurais de diversos tipos.

O algoritmo sintático pode ser muito eficiente quando se quer um processo ágil e sem a necessidade da observação detalhada como realizado pelo processo humano. Para se codificar um protocolo de navegação, por exemplo, os algoritmos sintáticos podem ser uma boa opção. No processo sintático, os pontos cruciais estão na segmentação, nas primitivas e na gramática representativa escolhidas.

No entanto, em situações de incerteza e na necessidade de análises mais detalhadas, deve ser possível a atribuição de níveis de confiabilidade para todas as sentenças em sua base de conhecimento, e ainda, estabelecer relações entre as sentenças. Assim, as “redes *bayesianas*” oferecem uma abordagem para o raciocínio probabilístico que engloba teoria de grafos, para o estabelecimento das relações entre sentenças e

ainda, teoria de probabilidades, para a atribuição de níveis de confiabilidade. O que pode viabilizar o tratamento de um volume maior de informações a serem verificadas.

Os algoritmos neurais utilizam métodos de solucionar problemas de inteligência artificial, construindo sistemas que tenham circuitos que simulem o cérebro humano, inclusive seu comportamento, ou seja, aprendendo, errando e fazendo descobertas. Incluem técnicas computacionais que apresentam um modelo inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência. Uma rede neural é uma estrutura de processamento de informação distribuída paralelamente na forma de um grafo direcionado¹², com algumas restrições e definições próprias. Os nós deste grafo são chamados elementos de processamento. Suas arestas são conexões, que funcionam como caminhos de condução instantânea de sinais, de forma que seus elementos de processamento podem receber qualquer número de conexões de entrada. Estas estruturas podem possuir memória local, e também possuir qualquer número de conexões de saída, desde que os sinais nestas conexões sejam os mesmos. Do ponto de vista estrutural, a arquitetura de redes neurais pode ser classificada como estática, dinâmica ou “*fuzzy*”, e de única camada ou múltiplas camadas, especificadas na Topologia das Redes Neurais Artificiais. Outras diferenças computacionais podem surgir dependendo da maneira com que são feitas as conexões existentes entre os neurônios. Estas conexões podem ser estritamente no sentido de ida, no sentido de ida e volta, lateralmente conectadas, topologicamente ordenadas ou híbridas. As aplicações dos algoritmos neurais podem ser classificadas em classes distintas como o reconhecimento de padrões e classificação, processamento de imagem e visão, identificação de sistema, controle e processamento de sinais.

¹²Um grafo direcionado é um objeto geométrico que consiste de um conjunto de pontos, chamados nós, ao longo de um conjunto de segmentos de linhas direcionadas entre eles.

4.2.9 AA e Algoritmos Sintáticos

A utilização dos Autômatos Adaptativos para o reconhecimento de padrões considera como dado de entrada uma matriz de pontos binarizados $n \times m$. Este tipo de representação prioriza a identificação da existência ou não de uma informação a ser processada. Como exemplo, a matriz 4.12, representa um triângulo sem, no entanto, esclarecer outras características como, dureza, odor, cor e outras.

$$\begin{array}{cccccccccc}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{array} \tag{4.12}$$

Considerando-se as primitivas da figura 4.10 o reconhecedor de padrões baseado em AA deve aceitar qualquer forma do tipo $c^n a^n f^n$, que é uma linguagem dependente de contexto, reconhecida originalmente somente por uma máquina de *Turing*. A figura 4.11 apresenta o autômato reconhecedor de triângulos, juntamente com a ação adaptativa posterior $\psi(1)$, que insere nova transição e novo estado quando ativada [Roc00].

A figura 4.12 apresenta o modelo de informação proposto como estrutura para o mapeamento e navegação.

No modelo, o autômato de exploração e movimento recebe dados provenientes

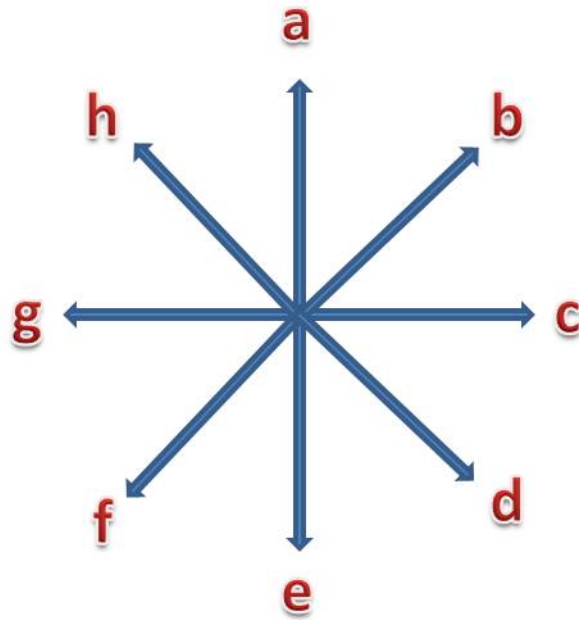


Fig. 4.10: Primitivas

dos sensores e informações sobre a vizinhança provenientes do autômato de mapeamento. A sua saída contém informações sobre o próximo movimento do sistema inteligente para explorar o ambiente. Após a conclusão do processo de mapeamento, decisões sobre distâncias são realizadas pelo subsistema de navegação. O autômato de mapeamento armazena todas as informações sobre a presença ou não de obstáculos. Assim, o autômato de mapeamento proposto tem sua configuração inicial como um quadrado composto de vértices formados de nove estados conectados por arestas que representam o conjunto de transições, figura 4.13a. Na figura, o estado central é o estado inicial do autômato e representa o ponto de partida para o caminho do sistema inteligente. O comprimento de cada aresta representa a distância coberta pelo tamanho do SI (Sistema Inteligente). Na figura 4.13b, o estado marcado por um ponto é utilizado para representar a posição corrente do SI. “Tags” especiais (x) são utilizados para identificar cantos e transições especiais para auxiliar no processo de expansão dos lados.

Uma vez que o autômato é suprido com o conjunto de dados coletados pelos sen-

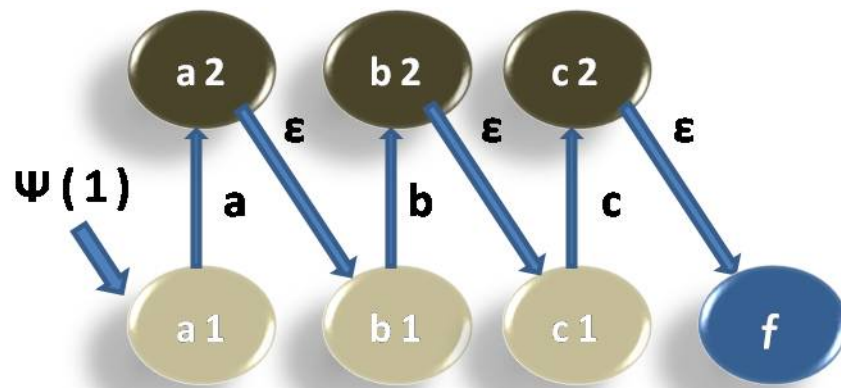


Fig. 4.11: Autômato que reconhece triângulos

sores do SI durante o movimento de exploração, as quatro transições adjacentes não percorridas são adequadamente modificadas de acordo com a informação pertinente. A informação proveniente dos sensores contém indicações sobre a direção, norte (N), sul (S), leste (L) e oeste (O), e suas respectivas condições, que podem ser livres ou ocupadas. A figura 4.14a apresenta um exemplo para a coleção de informação composta de quatro dados provenientes dos sensores. Na figura, as setas duplas indicam áreas não obstruídas (direções S e L) e as linhas em negrito denotam caminhos obstruídos (direções N e O). O movimento do SI no ambiente é representado pela mudança de estado no autômato de mapeamento. Com o prosseguimento do movimento do SI, o lado atual do autômato de mapeamento é expandido na direção do movimento. Essa expansão é realizada adicionando-se uma linha ou coluna ao lado atual. A figura 4.14b mostra o resultado de um movimento para o Norte, a inclusão de uma nova linha e a atualização das transições.

A figura 4.15 mostra o exemplo de um mapa completo com a representação da informação proveniente dos sensores e, após a exploração de uma sala em “L”, o SI finalizou a exploração no canto direito superior da sala, representado pelo estado marcado por ponto.

Para a representação abstrata do mundo real apresentada na figura 4.15, a utilização do espaço de memória computacional é proporcional à área mapeada e em

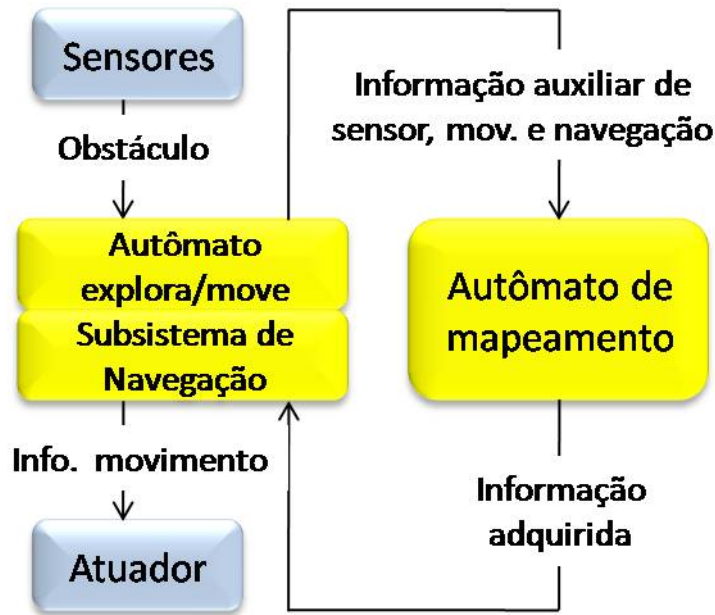


Fig. 4.12: Estrutura de informação para mapeamento e navegação

conjunto com todas as transições vazias que formam o retângulo da representação abstrata. A relação entre o mapa construído e o mundo real é obtida se o estado inicial do autômato for adotado para representar a origem do mapa e do mundo real. Dessa forma, cada estado ou ponto no mapa é conectado a um ponto no ambiente físico real e cada transição no mapa é associada a um deslocamento no mundo real. Um Autômato Adaptativo também é empregado para determinar o próximo movimento do SI no processo de exploração, o que pode ser feito também através de uma sondagem sensorial que substitua o deslocamento exploratório. Para tal, esse autômato é suprido de um conjunto de quatro informações provenientes dos sensores e do conjunto de oito informações sobre a vizinhança previamente modelada no mapa, como mostrado na figura 4.16.

Utilizando-se de tais informações, o SI “percorre” todo o ambiente em um movimento exploratório sistemático. Um movimento em ziguezague, por exemplo, orientado pelo autômato de exploração e movimentação, deve ser adaptado de acordo com a particularidade do ambiente detectado e o estágio atual do processo de exploração. Para realizar tal adaptação, foram estabelecidas várias regras de exploração e mo-

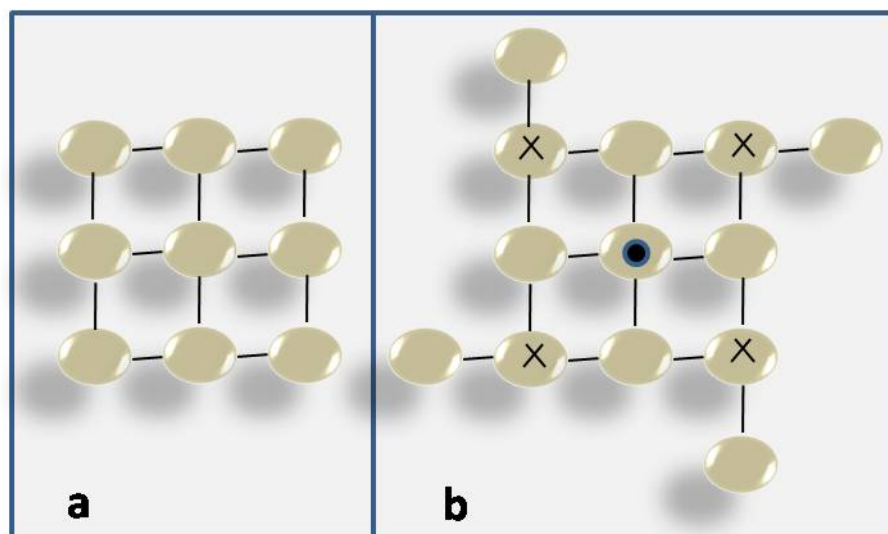


Fig. 4.13: (a) Autômato de mapeamento. (b) Detalhe dos “tags” especiais

vimento, uma para cada possível situação. Todos os movimentos são conectados ao estado inicial do autômato de exploração e movimentação por meio de uma transição que pode ser modificada de acordo com as informações dos sensores. Como descrito anteriormente, a alteração das conexões é realizada utilizando-se ações adaptativas que podem ser de inserção ou eliminação de transições. Enquanto o ambiente é explorado, o autômato de exploração e movimentação deve informar ao autômato de mapeamento alguns estados especiais, denominados de “*Landmarks*”, que devem ser indicados adequadamente no mapa. Os “*Landmarks*” são especialmente úteis para o planejamento da trajetória. Se um obstáculo é detectado durante o deslocamento para a exploração do ambiente, o autômato identifica o estado central do espaço livre anterior e/ou posterior ao obstáculo e define esses estados como “*Landmarks*”, como pode ser visto na figura 4.17.

O autômato de mapeamento realiza essa representação adicionando adequadamente uma transição para os estados sinalizados como especiais, que indicam os “*Landmarks*” existentes. A figura 4.18a mostra um exemplo de dois estados próximos sinalizados como “*Landmarks*”, onde o *tag* (x) identifica tal estado. Durante o processo de navegação, os “*Landmarks*” indicados pelo autômato de exploração e mo-

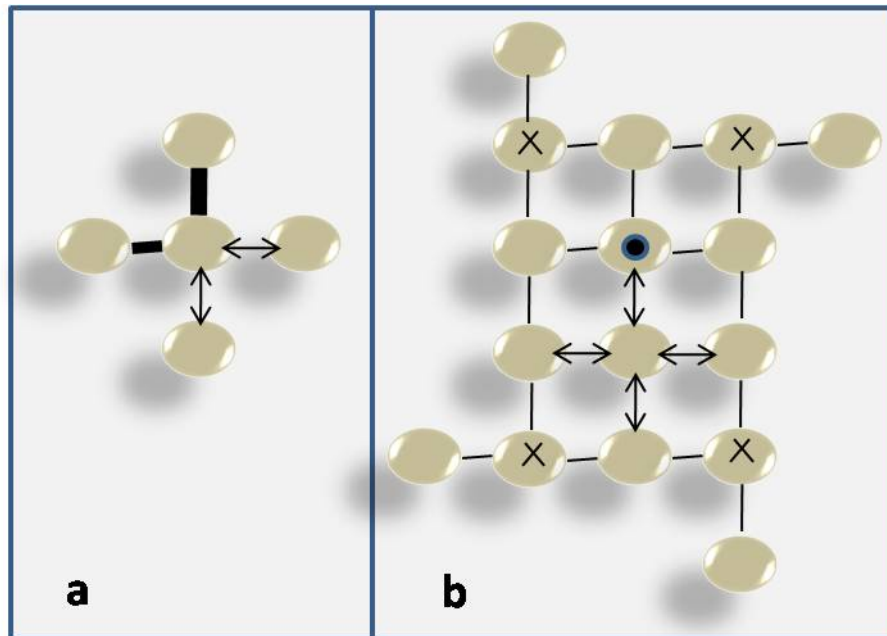


Fig. 4.14: (a) Exemplo da informação proveniente dos sensores: duas direções obstruídas e duas livres. (b) Expansão do lado com movimento para o Norte

vimentação são úteis para o planejamento da trajetória entre um ponto inicial e um objetivo. O sistema determina o caminho entre os “*Landmarks*” antes da navegação e, durante a mesma, deve buscar qual “*Landmark*” está próximo do ponto inicial e qual está próximo do ponto final do caminho desejado. O conjunto de “*Landmarks*” forma os objetivos secundários no processo de navegação. Para realizar o cálculo do caminho entre dois estados de “*Landmark*” no autômato de mapeamento, é utilizado um gerador de sequência. O gerador de sequência é introduzido no autômato de mapeamento, que é configurado para fornecer o “*Landmark*” inicial e o final. Dessa forma, o caminho aceito pelo autômato de mapeamento é o caminho entre dois “*Landmarks*”. As quatro sequências inicialmente geradas contem cada uma das quatro direções: N, S, L e O. As próximas sequências geradas são extensões das primeiras. Por exemplo, as três sequências geradas pela direção N são: NN, NL e NO. A figura 4.18b mostra os estados cobertos pelo exemplo citado (o triângulo indica os estados alcançados e o estado marcado por ponto indica o ponto inicial da busca).

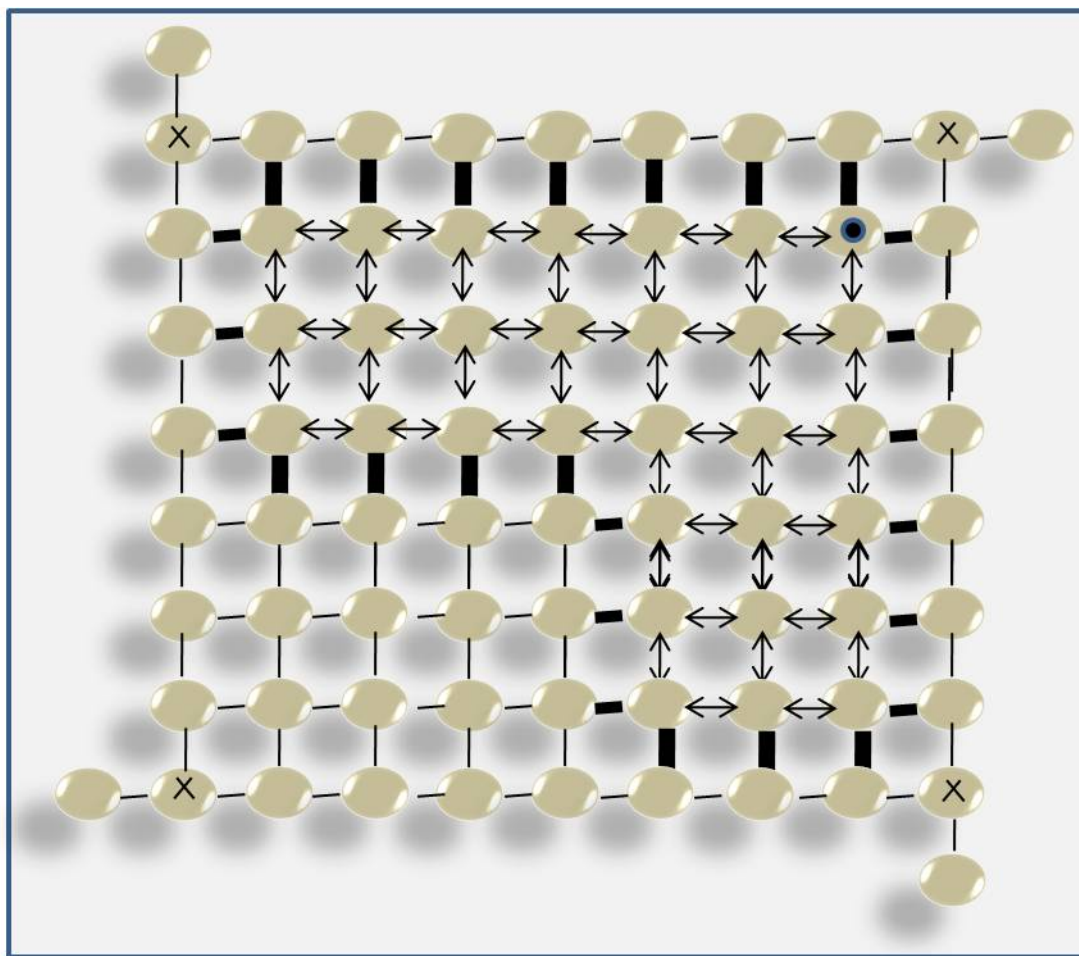


Fig. 4.15: Exemplo do mapeamento de uma sala em “L”

4.2.10 Redes *Bayesianas*

A abordagem lógica e a objetividade dos algoritmos sintáticos permitem que se obtenha a definição de um problema e, muitas vezes, uma rápida solução se ela existir. No entanto, quando se analisa um problema complexo, ou se deseja considerar um grande volume de relações e informações, o uso da teoria das probabilidades pode ser uma boa alternativa. Assim, agentes podem tomar decisões racionais mesmo quando não exista um grande volume de informação, ou quando se deseja reduzir a complexidade computacional devido à necessidade de se processar muitos dados. Alguns fatores podem condicionar a falta de informação em uma base de conhecimento, os principais são:

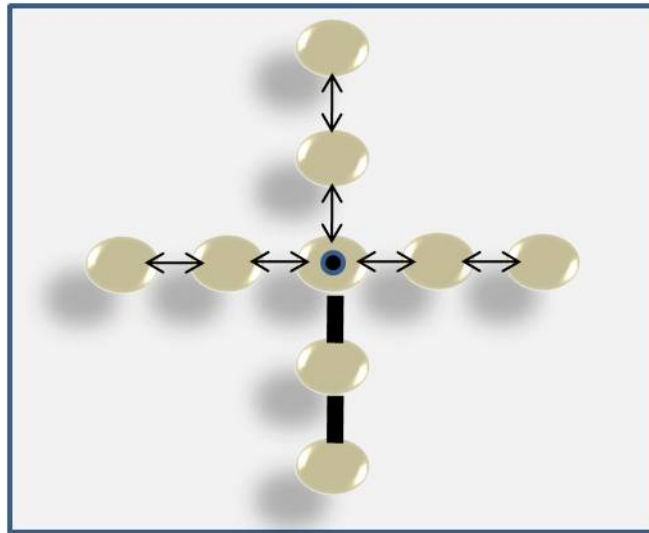


Fig. 4.16: Vizinhança no movimento exploratório

Conhecimento Insuficiente (Impossibilidade) : Em alguns casos, o trabalho exigido para a inserção de todos os antecedentes ou consequentes que configurem uma base de conhecimento onde quaisquer inferências a respeito do domínio do problema podem ser efetuadas, pode ser muito oneroso;

Ignorância Teórica : Em alguns casos não se possui o conhecimento de todo domínio do problema.

Reduzir a quantidade de variáveis e o volume de informações no tratamento de um problema pode reduzir sua complexidade e, conseqüentemente, o tempo e o esforço necessários. Isto significa, no entanto, conseguir lidar com incertezas, o que pode até viabilizar a solução que não seria possível de outra forma. Nestes ambientes é necessário utilizar conectivos que manipulem níveis de certeza (ou incerteza) e não apenas valores booleanos, como verdadeiro e falso. Assim, a lógica probabilística estende a lógica proposicional desde que, probabilidade 1 representa verdadeiro e probabilidade 0 representa falso. Para caracterização de situações de incerteza pode-se utilizar grafos representando relações causais entre eventos.

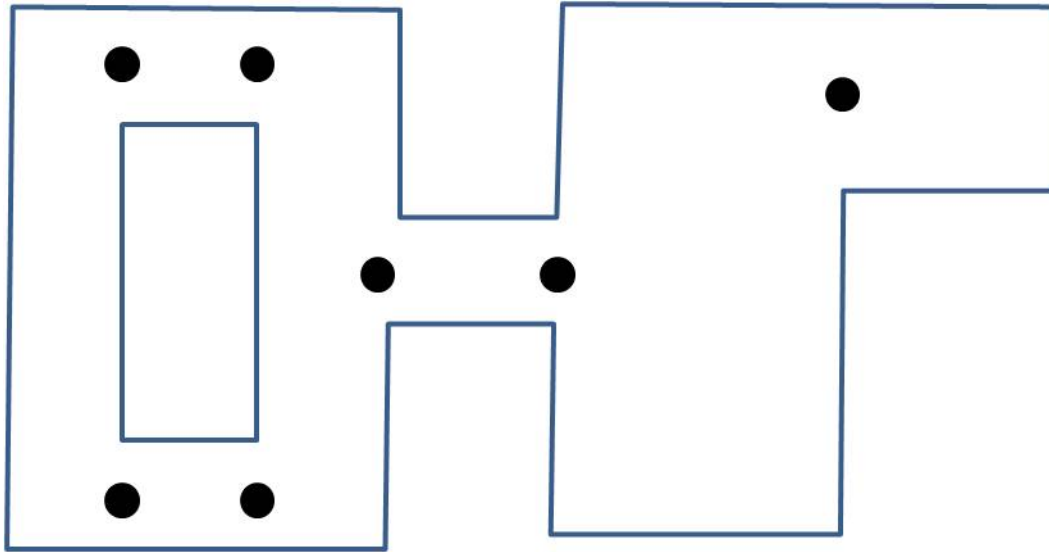


Fig. 4.17: *Landmarks* utilizados no mapeamento de um ambiente

Para fazer escolhas, um agente deve inicialmente possuir preferências entre possíveis efeitos das ações a serem tomadas. Preferências são representadas por utilidades¹³ combinadas com probabilidades, resultando na chamada “teoria de decisão”, definição 4.17.

Definição 4.17 (Teoria p/ a tomada de decisão c/ base nas probabilidades)

Teoria de Decisão = Teoria de Probabilidades + Teoria de Utilidade

A ideia na teoria de decisão é a de que um agente é considerado “racional” se e somente se, ele escolhe a ação que permita a maior expectativa de utilidade, ponderada pelos efeitos de todas as possíveis ações, ou princípio da Máxima Expectativa de Utilidade (MEU).

Definição 4.18 (Axioma da probabilidade incondicional) *A probabilidade $P(a)$*

de um evento a é um número dentro do intervalo $[0, 1]$.

i. $P(a) = 1$ se e somente se a é certo

ii. Se a e b são mutuamente exclusivos, então: $P(a \wedge b) = P(a) + P(b)$

¹³Indicação do nível de utilidade que possui um estado

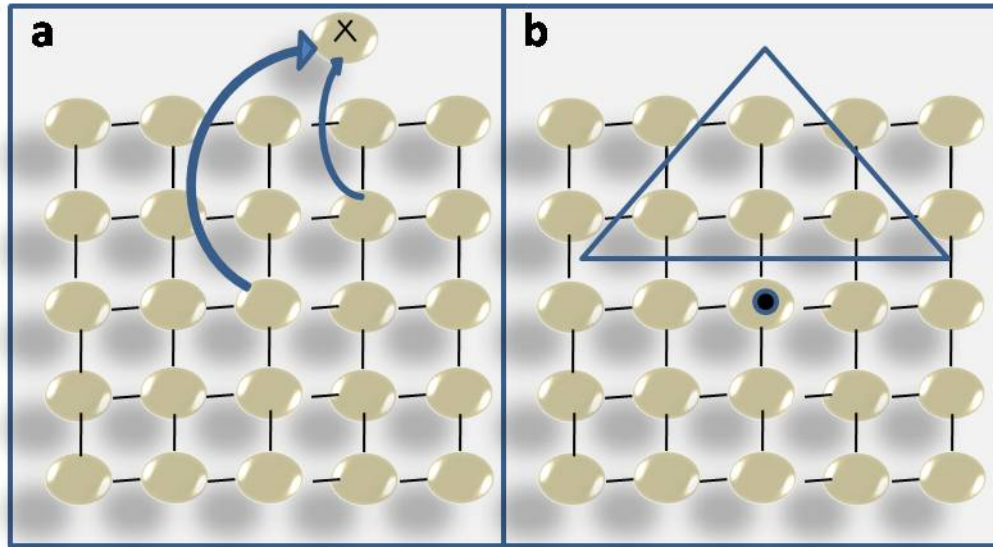


Fig. 4.18: (a) Exemplo de dois estados marcados como “*Landmarks*”. (b) Espaço coberto pela sequência gerada

Proposições podem também incluir igualdades envolvendo variáveis aleatórias. A variável *Clima*, por exemplo, pode assumir o universo de valores:

1. $P(\text{Clima} = \text{Ensolarado}) = 0.5$
2. $P(\text{Clima} = \text{Chuvoso}) = 0.3$
3. $P(\text{Clima} = \text{Nublado}) = 0.2$

O vetor de probabilidades $P(\text{Clima}) = \langle 0.5, 0.3, 0.2 \rangle$ pode representar a variável *Clima*. E ainda, proposições podem assumir o domínio booleano $\langle \text{verdadeiro}, \text{falso} \rangle$, neste caso, a expressão $P(\text{Frio})$ pode ser vista como $P(\text{Frio} = \text{verdadeiro})$ e, analogamente, $P(\neg \text{Frio}) = P(\text{Frio} = \text{falso})$. Para expressar todas as combinações de valores de duas probabilidades podemos utilizar $P(\text{Tempo}, \text{Frio})$, que pode ser vista como uma tabela de probabilidades conjunta (*joint probabilities*) de $\text{Tempo} \wedge \text{Frio}$, de 3 x 2 posições.

Definição 4.19 (Axioma da probabilidade condicional) A probabilidade $P(a | b) = x$,

Tab. 4.1: Tabela de Probabilidades

		$P(X, Y)$		
		b_1	b_2	b_3
a_1		0.4	0.3	0.6
		0.6	0.7	0.4
a_2				

i. *Regra fundamental:* $P(a | b) = P(a, b)/P(b)$, ou $P(a | b)P(b) = P(a, b)$. Onde $P(a, b)$ é a probabilidade do evento conjunto do evento $a \wedge b$.

Por exemplo, $P(\text{Carie} | \text{Dor}) = 0.8$, indica que caso um paciente esteja com dor (de dente) e nenhuma outra informação esteja disponível, então, a probabilidade do paciente ter uma cárie é de 0.8. É importante ressaltar que $P(A | B)$ pode ser utilizado apenas quando toda informação disponível é B . Uma vez que outra variável C é conhecida, deve-se reconsiderar para $P(A | B \wedge C)$;

ii. $P(a, b) = P(b, c)$, então de i , chega-se em $P(a | b)P(b) = P(b | a)P(a)$, que resulta em: $P(b | a) = P(a | b)P(b)/P(a)$, chamada “Regra de Bayes”.

iii. Em alguns casos pode-se estar interessado em uma probabilidade segundo uma evidência e , neste caso, aplica-se: $P(a | b, e)P(b | e) = P(a, b | e)$

Em geral, se está interessado em uma proposição A , e se tem o conhecimento da evidência B , deve-se calcular $P(A | B)$. Em alguns casos este valor não está disponível na base de conhecimento e , portanto, deve-se utilizar algum método de inferência para obtê-lo. Uma conjunção de Probabilidades, ou seja, se X é uma variável aleatória com n estados, x_1, \dots, x_n , e $P(X)$ a distribuição de probabilidades para estes estados, $P(X) = (a_1, \dots, a_n)$; $a_i \geq 0$; $\sum a_i = 1$, onde a_i é a probabilidade de X estar no estado a_i , $P(X = a_i)$.

Se a variável Y possui os estados b_1, \dots, b_m , então $P(X | Y)$ representa uma tabela $n \times m$ contendo os valores $P(a_i | b_j)$. Por exemplo:

Tab. 4.2: Tabela Conjunção de Probabilidades

	$P(X, Y)$		
	b_1	b_2	b_3
a_1	0.16	0.12	0.12
a_2	0.24	0.28	0.08

Tab. 4.3: Aplicando a Regra de Bayes

	$P(X, Y)$	
	a_1	a_2
B_1	0.16	0.12
B_2	0.24	0.28
B_1	0.16	0.12

A conjunção de probabilidades para as variáveis A e B , ou $P(A, B)$, é também uma tabela $n \times m$, representada pela probabilidade de cada configuração (a_i, b_i) . Aplicando a regra $P(A | B) = P(A, B)/P(B)$, para as variáveis X e Y e a tabela 4.1, tem-se: (considerando $P(Y) = \langle 0.4, 0.4, 0.2 \rangle$)

A probabilidade $P(X)$ pode ser então calculada a partir da tabela 4.2, calculando-se:

$$P(a_i) = \sum P a, b_i$$

Este calculo é chamado marginalização de B em $P(A, B)$. O resultado para a tabela 4.2 será: $P(X) = \langle 0.4, 0.6 \rangle$.

E ainda, aplicando a “*Regra de Bayes*” sob a tabela 4.1, obtém-se $P(Y | X)$.

Considerando-se uma situação real, pode-se imaginar um problema contendo centenas ou milhares de variáveis. Considerando-se o uso apenas de variáveis que assumam valores booleanos, seria necessário o cálculo de 2^n entradas para a tabela

de conjunção de probabilidades do sistema, ou seja, um crescimento exponencial em relação ao número de variáveis, o que pode se tornar algo infactível de se computar. Entretanto, sendo possível a computação de todos os valores, o sistema será capaz de obter qualquer probabilidade que se esteja interessado.

Para aplicação da regra de Bayes necessita-se de três termos: uma probabilidade condicional e duas incondicionais. Vamos considerar um exemplo de diagnóstico médico: “um médico sabe que a meningite causa torcicolo em 50% dos casos. Porém, o médico também conhece algumas probabilidades incondicionais que dizem que, um caso de meningite atinge 1/50000 pessoas e, a probabilidade de alguém ter torcicolo é de 1/20.”

Considere T e M , respectivamente, como a probabilidade incondicional de um paciente ter torcicolo e a probabilidade incondicional de um paciente ter meningite.

Assim:

$$P(T|M) = 0.5 \text{ (probabilidade de ter torcicolo tendo meningite)}$$

$$P(M) = 1/50000$$

$$P(T) = 1/20$$

Aplicando-se a rede de *Bayes*:

$$P(M|T) = (P(T|M)P(M))/P(T) = (0.5 \times 1/50000)/(1/20) = 0.0002$$

Ou seja, é esperado que apenas 1 em 5000 pacientes com torcicolo tenha meningite. Note que mesmo tendo torcicolo uma alta probabilidade nos casos de meningite (0.5), a probabilidade de um paciente ter meningite continua pequena, devido ao fato de a probabilidade incondicional de torcicolo ser muito maior que a probabilidade de meningite. Uma argumentação válida surge do fato de que o médico poderia também possuir a probabilidade incondicional $P(M | T)$, a partir de amostras de seu universo de pacientes, da mesma forma que $P(T | M)$, evitando o cálculo realizado anteriormente. Porém, imagine que um surto de meningite aflija o universo de pacientes do médico em questão, aumentando o valor de $P(M)$. Caso $P(M | T)$ tenha sido

calculado estatisticamente a partir de observações em seus pacientes, o médico não terá nenhuma ideia de como este valor será atualizado (visto que $P(M)$ aumentou). Entretanto, caso tenha realizado o cálculo de $P(M | T)$ em relação aos outros três valores (como demonstrado) o médico verificará que $P(M | T)$ crescerá proporcionalmente em relação a $P(M)$. Considere agora que um paciente pode estar com problema de coluna C , dado que está com torcicolo:

$$P(C | T) = (P(T | C)P(C))/P(T).$$

Utilizando $P(M | T)$ pode-se calcular a probabilidade relativa de C em M dado T , ou, em outras palavras, a marginalização de M e C . Considerando que $P(T | C) = 0.8eP(C) = 1/1000$.

Então:

$$\begin{aligned} P(M | T)/P(C | T) &= (P(T | M)P(M))/(P(T/C)P(C)) = \\ &= (0.5 \times 1/50000)/(0.8 \times 1/1000) = 1/80 \end{aligned}$$

Isto é, Problema de coluna C é 80 vezes mais comum que meningite M , dado torcicolo.

Matematicamente, uma Rede Bayesiana é uma representação compacta de uma tabela de conjunção de probabilidades do universo do problema. Por outro lado, do ponto de vista de um especialista, Redes Bayesianas constituem um modelo gráfico que representa de forma simples as relações de causalidade das variáveis de um sistema. Uma Rede Bayesiana consiste do seguinte:

- Um conjunto de variáveis e um conjunto de arcos ligando as variáveis;
- Cada variável possui um conjunto limitado de estados mutuamente exclusivos;
- As variáveis e arcos formam um grafo dirigido sem ciclos (DAG);
- Para cada variável A que possui como pais B_1, \dots, B_n , existe uma tabela $P(A | B_1, \dots, B_n)$.

Repare que, caso A não possua um pai, a tabela de probabilidades é reduzida para uma probabilidade incondicional $P(A)$. Uma vez definida a topologia da rede, basta especificar as probabilidades dos nós que participam em dependências diretas, e utilizar estas para computar as demais probabilidades que se deseje.

Todas as entradas da tabela de conjunção de probabilidades podem ser calculadas a partir das informações disponíveis em uma rede Bayesiana. Uma tabela de conjunção de probabilidades representa a descrição completa de um domínio. Cada entrada da tabela de conjunção de probabilidades pode ser calculada a partir da conjunção das variáveis atribuídas aos devidos valores, $P(X_1 = x_1 | \dots | X_n = x_n)$, ou $P(x_1, \dots, x_n)$. O valor de uma entrada é então dado por:

$$P(x_1, \dots, x_n) = \prod P(x_i | Pais(X_i)) \text{ para } 0 \leq i \leq n$$

Assim, cada entrada da tabela é representada pelo produto dos elementos apropriados das Tabelas de Probabilidades Condicionais (TPC). As TPCs constituem-se então uma representação distribuída da tabela de conjunção de probabilidades do problema.

Reduzindo a equação anterior:

$$P(x_1, \dots, x_n) = \prod P(x_i | Pais(X_i)) \text{ para } 0 \leq i \leq n,$$

será então reescrita para:

$$P(x_1, \dots, x_n) = P(x_n | x_{n-1}, \dots, x_1) P(x_{n-1}, \dots, x_1)$$

Este processo será repetido, reduzindo cada conjunção de probabilidades em uma probabilidade condicional e uma conjunção menor.

$$P(x_1, \dots, x_n) = P(x_n | x_{n-1}, \dots, x_1) P(x_{n-1} | x_{n-2}, \dots, x_1) \dots P(x_2 | x_1) P(x_1) = \prod P(x_i | x_{i-1}, \dots, x_1) \text{ para } 0 \leq i \leq n$$

Comparando esta equação com a inicial, observa-se que a especificação de uma tabela de conjunção de probabilidades é equivalente com a declaração geral:

$$P(X_i | X_{i-1}, \dots, X_1) = P(X_i | \text{Pais}(X_i)) \text{ para } \text{Pais}(X_i) \subseteq \{x_{i-1}, \dots, x_1\}$$

Esta equação expressa que, uma rede *Bayesiana* é a representação correta de um domínio se e somente se, cada nó é condicionalmente independente de seus predecessores, dado seu pai. Portanto, para se construir uma rede cuja estrutura represente devidamente o domínio do problema, é necessário que para todo nó da rede esta propriedade seja atendida. Intuitivamente, os pais de um nó X_i devem conter todos os nós X_1, \dots, X_{i-1} que influenciem diretamente X_i .

Então, um procedimento geral para construção de redes *Bayesianas* seria:

1. Escolha um conjunto de variáveis X_i que descrevam o domínio;
2. Escolha uma ordem para as variáveis;
3. Enquanto existir variáveis:
 - Escolha uma variável X_i e adicione um nó na rede.
 - Determine os nós $\text{Pais}(X_i)$ dentre os nós que já estejam na rede e que satisfaçam a equação simplificada.
 - Defina a tabela de probabilidades condicionais para X_i .

O fato de que, cada nó é conectado aos nós mais antigos na rede garante que o grafo será sempre acíclico. As Redes *Bayesianas*, em geral, representam tabelas do tipo conjunção de probabilidades de um domínio de forma compacta. Esta característica decorre do fato de que as redes *Bayesianas* possuem uma propriedade geral chamada, localidade estrutural. Nos sistemas com localidade estrutural, cada subcomponente interage diretamente apenas com uma parte do restante do sistema (demais subcomponentes). No caso das redes *Bayesianas*, é razoável se supor que, na maioria dos casos, cada variável aleatória é diretamente influenciada por no máximo “k” outras variáveis. Suponhamos, por questões de simplicidade, que as variáveis aleatórias possam assumir apenas valores booleanos; neste caso, a quantidade de informação

necessária para se especificar uma determinada tabela de probabilidades condicionais será no máximo $2k$ números, em contraste com uma tabela de conjunção de probabilidades, 2^n . Apenas como um exemplo do poder de compactação, suponha uma rede com 20 nós ($n = 20$), cada nó com no máximo 5 pais ($k = 5$), uma rede *Bayesiana* necessitaria de 640 números, enquanto uma tabela “*joint*” mais de 1 milhão. Entretanto, existem domínios que requerem que cada nó seja influenciado por todos os outros (grafo fortemente conexo). Nestes casos, a especificação de uma tabela de conjunção de probabilidades requer a mesma quantidade de informação que uma rede *Bayesiana*. Porém, na prática, a maioria dos problemas podem ser simplificados de forma a se garantir que a rede não seja conexa, sem perda de informação útil. Mesmo em domínios localmente estruturados, construir uma rede localmente estruturada não é um trabalho trivial. Pois, cada variável deve ser diretamente influenciada por apenas k ($k \neq n$) outras e, a topologia deve realmente representar o domínio. Alguns métodos podem ser utilizados, porém, não garantem a construção correta da árvore, uma abordagem possível seria incluir inicialmente as raízes, em seguida os nós influenciados por nós do nível anterior, e assim sucessivamente até a inserção das folhas (não possuem influência sobre nenhum nó). Assim, a ordem de inserção dos nós pode influenciar no desempenho da rede.

Tabelas de probabilidades condicionais tendem a ter um grande número de entradas, mesmo para nós com um número pequeno de pais. Preencher estes valores pode ser algo que requeira muita experiência, caso a relação entre nós pais e nós filhos seja completamente arbitrária. Entretanto, na maioria dos casos, esta relação pode ser bem adaptada a algum padrão, o que pode facilitar o trabalho. Estes casos são chamados distribuições canônicas. O caso mais simples é o representado por nós determinísticos. Um nó determinístico tem o seu valor explicitamente determinado a partir dos pais, sem incerteza. Relações com incerteza podem geralmente ser caracterizados como relações com ruídos (*noisy logical relationships*). A relação com ruído padrão é chamada “ruído-OU” (*noisy-OR*), uma generalização da relação lógica OU.

Tab. 4.4: Tabela de Probabilidades Condicionais

<i>rudo – OU</i>				
Gripe	Resfriado	Malária	$P(\textit{Febre})$	$P(\neg\textit{Febre})$
F	F	F	0.0	1.0
F	F	V	0.9	0.1
F	V	F	0.8	0.2
F	V	V	0.98	$0.02=0.2 \times 0.1$
V	F	F	0.4	0.6
V	F	V	0.94	$0.06=0.6 \times 0.1$
V	V	F	0.88	$0.12=0.6 \times 0.2$
V	V	V	0.988	$0.12=0.6 \times 0.2 \times 0.1$

Em lógica proposicional pode-se dizer que o estado Febre é verdadeiro se e somente se, Gripe, Resfriado ou Malária é verdadeiro. A relação ruído-OU adiciona um nível de incerteza à relação OU, considerando três suposições:

1. Cada causa possui uma chance independente de causar o efeito;
2. Todas as possibilidades estão listadas;
3. A inibição de uma causa é independente da inibição das demais.

Considere o exemplo, $P(\textit{Febre} \mid \textit{Gripe}) = 0,4$, $P(\textit{Febre} \mid \textit{Resfriado}) = 0.8eP(\textit{Febre} \mid \textit{Malária}) = 0.9$; para estes valores os parâmetros de ruído serão respectivamente 0.6, 0.2, 0.1 . Se nenhum nó pai é verdadeiro, então o nó filho é falso com 100% de chance. Se apenas um pai é verdadeiro, então a probabilidade do nó filho ser falso é igual ao ruído do nó pai verdadeiro (ou o produto do ruído dos pais, caso exista mais de um verdadeiro). A tabela 4.4 apresenta o resultado para o exemplo.

Um nó em uma rede *Bayesiana* possui independência condicional em relação a seus predecessores, dado o nó pai. Entretanto, para que se possa utilizar algum método de inferência em uma rede é necessário poder dizer mais a respeito das relações entre os nós de uma rede. Por exemplo, é necessário saber se um conjunto de nós X é independente de outro conjunto Y , dado que um conjunto de evidências

E^{14} , ou, em outras palavras, é preciso saber se X é *d-separated* de Y . Se todo caminho não dirigido entre um nó em X e um nó em Y é *d-separated* por E , então X e Y são condicionalmente independentes dada a evidência E . Um conjunto de nós E *d-separa* dois conjuntos de nós X e Y , se todo o caminho não dirigido de um nó em X para um nó em Y é bloqueado, dado E . Um caminho é bloqueado por um conjunto de nós E se existe um nó Z no que garante algumas das três condições:

1. Z está em E , Z possui um arco de entrada e um arco de saída no caminho;
2. Z está em E , Z possui dois arcos de saída no caminho não dirigido;
3. Z e nenhum de seus descendentes estão em E e ambos os arcos no caminho não dirigido são de chegada em Z .

A tarefa básica de uma inferência probabilística é computar a distribuição de probabilidades posterior para um conjunto de variáveis de consulta (*query variables*), dada uma “*hard evidence*”, ou seja, o sistema computa $P(\text{Query} \mid \text{Evidence})$.

Inferências podem ser realizadas sobre redes *Bayesianas* para:

- Diagnósticos: Dos efeitos para as causas. Dado Chuva, $P(\text{Nuvens} \mid \text{Chuva})$;
- Causas: De causas para efeitos. Dado Nuvens, $P(\text{Chuva} \mid \text{Nuvens})$;
- Intercausais: Entre causas de um efeito comum. Dado Frio, $P(\text{Chuva} \mid \text{Frio})$ e dado Nuvens, $P(\text{Chuva} \mid \text{Frio}, \text{Nuvens})$.

E, além de consultas a partir de evidências, as redes *Bayesianas* podem ser utilizadas para:

- Tomar decisões baseadas em probabilidades;
- Decidir quais evidências adicionais devem ser observadas a fim de se obter informações úteis do sistema;

¹⁴Evidência em uma variável é uma declaração de uma certeza de seus estados. Se uma variável é instanciada, ela é chamada *hard evident*.

- Analisar o sistema a fim de buscar os aspectos do modelo que possuem maior impacto sob as variáveis de consulta;
- Explicar os resultados de uma inferência probabilística ao usuário.

A computação básica de um método de inferência sobre uma rede *Bayesiana* requer o cálculo de todos os nós da rede (sua probabilidade condicional) dado que uma evidência foi observada. Isto implica dizer que, em geral, uma inferência probabilística realizada em uma rede *Bayesiana* será *NP – hard*. Este fato é diretamente proporcional a forma como o problema foi modelado, em outras palavras, em algumas situações, uma rede com apenas dezenas de nós pode necessitar de um tempo computacional muito grande (às vezes inviável), enquanto uma rede contendo milhares de nós pode levar apenas alguns instantes. Entretanto, para uma classe restrita de redes, inferências probabilísticas podem ser realizadas em tempo linear. Esta classe é conhecida por “*Redes Simplesmente Conexas*”. Uma rede simplesmente conexa é aquela onde, para qualquer dois nós i, j da rede, existe apenas um caminho não dirigido entre i e j . Ou seja, um nó X possui um conjunto U de pais, $U = U_1, \dots, U_m$, e filhos $Y = Y_1, \dots, Y_n$. Cada filho e cada pai é representado dentro de uma caixa contendo todos os seus nós descendentes e ancestrais, exceto em relação a X , ou seja, todas as caixas são disjuntas e não possuem nenhum arco ligando-as.

O algoritmo assume que X é a variável de consulta, e existe um conjunto de variáveis de evidência $E(X \notin E)$. Para o funcionamento do algoritmo é necessário também que as disjunções E_x^- , E_x^+ , sejam definidas.

- E_x^+ é o suporte de causa de X . Variáveis de evidência acima de X estão conectadas a X por estes pais.
- E_x^- é o suporte de evidencia de X . Variáveis de evidência abaixo de X estão conectadas a X por estes filhos.

A estratégia geral é a seguinte:

1. Expressar $P(X | E)$ em relação a E_x^-, E_x^+ ;
2. Computar a contribuição de E_x^+ através de seus efeitos em $Pais(X)$, e então transportar tais efeitos para X .
3. Computar a contribuição de E_x^- através de seus efeitos em $Filhos(X)$, e então transportar tais efeitos para X .

Note que computar os efeitos nos *filhos de X* é uma recursão do problema de computar os efeitos em X . A execução do algoritmo envolve chamadas recursivas a partir de X por todos seus arcos. A recursão termina em nós de evidência, raízes e folhas da árvore. Cada chamada recursiva exclui o nó que a chamou, desta forma, a árvore é coberta apenas uma vez. Portanto, o algoritmo é linear no número de nós da rede [Rus95].

$$P(e | a, b, c, d) = (P(e | a, b)P(c, d | e))(1/P(c, d | ab))$$

Com esta equação obtém-se o resultado desejado, o primeiro termo possui apenas variáveis que estão “acima” de “ e ” e o segundo, apenas variáveis que estão “abaixo”. O último termo envolve ambas as variáveis, mas, na realidade não precisa ser calculado. Basta, resolver esta equação para todos os valores de “ e ”, o último termo permanece inalterado, e pode ser marginalizado.

Um grafo multiconectado é aquele para o qual dois nós são ligados por mais de um caminho não dirigido, ou, um nó possui duas ou mais causas, e estas causas compartilham um ancestral comum. O cálculo de inferências sob redes multiconectadas é um problema *NP – hard*, entretanto, algumas abordagens são propostas de forma a possibilitar estes cálculos em tempo polinomial. Existem três classes de algoritmos para inferência em redes multiconectadas, cada uma com uma área de aplicação definida:

Clustering : Este método transforma probabilisticamente (não topologicamente) a rede em uma rede simplesmente conexa;

Conditioning : Este método faz uma transformação na rede instanciando variáveis em valores definidos, e então, produz uma rede simplesmente conexa para cada variável instanciada;

Stochastic simulation : Este método usa a rede para gerar um grande número de modelos concretos de um domínio.

A partir destes modelos o algoritmo calcula uma aproximação de uma inferência.

O Método de *Clustering* busca obter uma rede “simplesmente conexa” combinando variáveis, em um nó superior que possa representar todas as probabilidades sendo que, a probabilidade dos demais nós da rede permanecem inalteradas. O mega nó obtido possuirá então, apenas um pai. Uma vez que a rede foi convertida para uma rede simplesmente conexa, o algoritmo apresentado anteriormente pode ser aplicado. Apesar da técnica permitir a aplicação de um algoritmo de inferência de tempo linear, a característica *NP – hard* não deixa de existir. No pior caso, o tamanho da rede pode crescer exponencialmente, tendo em vista que o método envolve o produto de tabelas de probabilidade incondicional. O problema passa então a depender da escolha de um bom método para junção de nós.

O método *Cutset – conditioning* utiliza uma ideia oposta em relação a anterior. Seu propósito é transformar uma rede em diversas redes mais simples. Cada uma destas redes possui uma ou mais variáveis instanciadas em um valor definido. Assim, $P(X | E)$ é computado como uma média ponderada sobre os valores extraídos de cada uma das redes. O conjunto de variáveis que podem ser instanciadas para permitir que uma rede simplesmente conexa seja obtida é chamado *cutset*. De forma geral, o número resultante de novas árvores é exponencial em relação ao número de nós, o que significa dizer que, uma boa estratégia para definição de *cutsets* deve ser utilizada.

No método *Stochastic simulation*, simulações sobre a rede são repetidamente executadas permitindo que informações estatísticas sejam extraídas para as probabilidades que se deseja. Em cada rodada da simulação, um valor aleatório é atribuído a cada nó raiz da rede, a escolha é ponderada pela probabilidade incondicional do nó.

4.3 Transferência do Conhecimento

Se a entropia é fundamental para o intercâmbio de um conhecimento, a comunicação é a via pela qual tal processo ocorre. Como princípio fundamental da transmissão de uma informação a comunicação tem sido estudada e seu desenvolvimento associado à evolução do próprio conhecimento. Se os organismos são sistemas abertos, a Teoria Geral dos Sistemas [Ber75] afirma que eles buscam sua estabilidade, e evoluem para patamares de maior complexidade devido a um intercâmbio, um fluxo ininterrupto de energia e informação com o seu meio ambiente. Tal como na natureza, onde qualquer organismo vivo, para sobreviver, precisa de obter não só as substâncias necessárias ao seu metabolismo, mas também as informações sobre o seu meio ambiente, também os sistemas sociais devem a sua existência à comunicação e esta, por sua vez, só tem lugar na existência em um determinado ambiente: “A comunicação e a existência constituem conceitos inseparáveis”. No entanto o “Tempo” é um fator importante já que, se trata de um processo em curso, onde a sequência e a organização dos eventos são inseparáveis. Segundo Watzlawick[Wat96], algumas das propriedades macroscópicas dos sistemas em que atuamos são:

Globalidade : Um sistema comporta-se não como um simples conjunto de elementos independentes mas como um todo coeso e inseparável. “Toda e qualquer parte de um sistema está relacionado de tal modo com as demais partes que uma mudança numa delas provocará uma mudança em todas as partes e no sistema total”. Estes são os primeiros passos no caminho da complexidade;

Retroalimentação : A retroalimentação e a circularidade constituem o modo adequado para uma teoria de sistemas interacionais. Enquanto que nas cadeias lineares e progressivas é significativo estabelecer o princípio e o fim de uma determinada cadeia, esses termos são desprovidos de significação em sistemas dotados de circuitos de retroalimentação. Não existe princípio nem fim num círculo;

Equifinalidade : Este princípio significa que os mesmos resultados podem brotar de diferentes origens, porque o que é definido é a natureza da organização. Num “sistema circular e auto-modificável, os resultados (os estados, após um período de tempo), não são determinados tanto pelas condições iniciais, mas sim pela natureza do processo, os parâmetros do sistema”.

Em contraste com os estados de equilíbrio nos sistemas fechados, que são determinados por condições iniciais, o sistema aberto pode atingir um estado independente do tempo passado, dado o presente, este é determinado primordialmente pelos parâmetros do sistema”. Como corolário do processo tem-se que estes parâmetros predominam sobre as condições iniciais. Assim, uma das características mais significativas dos sistemas abertos é encontrada neste comportamento “equifinal”, especialmente em contraste com o modo operativo do sistema fechado onde o estado final é determinado pelas circunstâncias iniciais. No sistema aberto, “as características organizacionais podem operar no sentido de ser atingido até o caso extremo de independência total das condições iniciais: o sistema é, pois, a sua própria e melhor explicação; e o estudo da sua organização atual é a metodologia apropriada”. Esta característica, associada ao grande volume de variáveis aleatórias, criam as condições ideais para se pensar no uso dos conceitos das redes Bayesianas. Em geral, o compartilhamento do conhecimento corresponde à transferência do conhecimento por meio de trocas pessoais entre indivíduos e/ou Sistemas Inteligentes. Dependendo do contexto, a partilha e distribuição do conhecimento podem representar o processo de

distribuição de conhecimento para um determinado grupo, ou a transferência entre indivíduos ou dentro de equipes ou grupos de trabalho[Pro02]. O conhecimento é transferido nas organizações independentemente do processo de compartilhamento ou distribuição de conhecimento ser gerenciado [Dav03]. Sveiby define dois modos distintos para o compartilhamento de conhecimentos: por meio da informação ou da tradição[Sve98]. “Pela informação o conhecimento é compartilhado de forma indireta (palestras, apresentações audiovisuais, manuais, livros). Pela tradição, o conhecimento é compartilhado de forma direta; neste processo o receptor participa da transferência, que acontece de indivíduo para indivíduo, por meio do aprendizado prático”. A informação é propícia para o compartilhamento de conhecimentos explícitos, enquanto a tradição deve ser utilizada no compartilhamento de conhecimentos tácitos. Conforme proposto por Nonaka e Takeuchi o conhecimento seria dividido em tácito e o explícito[Fro03]:

Conhecimento Tácito : O conhecimento tácito é aquele pessoal, específico a um determinado contexto, sendo assim difícil de ser formulado e transmitido. Esse tipo de conhecimento inclui aspectos cognitivos e técnicos. Os cognitivos correspondem aos “modelos mentais” como esquemas, perspectivas, paradigmas, crenças e pontos de vista que auxiliam os indivíduos a perceberem e definirem seus mundos; os técnicos incluem o *know-how*, técnicas e habilidades. Uma característica importante deste conhecimento é que, este é criado no momento presente, em um contexto prático específico[Non97]. Angeloni reforça o conceito proposto por Nonaka e Takeuchi, afirmando que “o conhecimento tácito está implícito, interiorizado, difícil de ser articulado por palavras e, por consequência, difícil de ser comunicado”[Ang02]. O conhecimento tácito tem sido, ademais, associado ao processo de inovação, uma vez que serve aos propósitos de identificação e solução de problemas, além de predição e antecipação.

Conhecimento Explícito : Para Nonaka e Takeuchi, “o conhecimento explícito

Tab. 4.5: Conhecimento tácito X explícito

Quadro comparativo	
CONHECIMENTO TÁCITO (SUBJETIVO)	CONHECIMENTO EXPLÍCITO (OBJETIVO)
Conhecimento da experiência (corpo)	Conhecimento da racionalidade (mente)
Conhecimento simultâneo (aqui e agora)	Conhecimento sequencial (lá e então)
Conhecimento análogo (prática)	Conhecimento digital (teoria)

ou codificado corresponde àquele transmissível em linguagem formal e sistemática”. O conhecimento específico lida com acontecimentos do passado e é orientado para uma teoria independente do contexto, podendo ser articulado na linguagem formal, inclusive afirmações gramaticais, expressões matemáticas, especificações manuais e assim por diante, sendo então transmitido formal e informalmente entre as pessoas. Assim, o conhecimento explícito pode ser considerado como o que está registrado de alguma forma e, assim, disponível para as demais pessoas.

A tabela 4.5 apresenta algumas características comparativas entre formas de conhecimento tácito e explícito.

Muito do que é feito em gestão do conhecimento tem por base as sucessivas passagens do conhecimento tácito para o conhecimento explícito e vice-versa, na chamada “espiral do conhecimento”. Nesse sentido, áreas como a da tecnologia da informação e administração de recursos humanos buscam facilitar e organizar esses processos de conversão de conhecimento. Os conhecimentos tácito e explícito são assim, entidades complementares, nas quais o modelo dinâmico de criação ou transmissão do conhecimento ocorrem por meio da interação social, caracterizando a chamada “conversão do conhecimento”, figura 4.19, que pode ocorrer através de quatro modos:

Socialização : que ocorre de conhecimento tácito em conhecimento tácito. Cor-

responde ao processo de compartilhamento de experiências. Segundo Nonaka e Takeuchi (1997), este processo pode ocorrer através da linguagem, observação, imitação e prática, no qual a simples transferência de informações fará pouco sentido se estiver dissociada das emoções e dos contextos específicos nos quais as experiências compartilhadas estão embutidas. Através da socialização é gerado o conhecimento compartilhado.

Externalização : que ocorre de conhecimento tácito em explícito. Assim o conhecimento tácito é expresso através de metáforas, analogias, conceitos, hipóteses e modelos, tornando-se explícito. A escrita, neste contexto, pode ser considerada como uma forma de conversão do conhecimento. Dentre os quatro modos de conversão do conhecimento, a externalização representa a chave para a criação de novos conhecimentos. Por meio desta forma de conversão é gerado o conhecimento conceitual.

Combinação , que ocorre de conhecimento explícito em explícito. É um modo de conversão do conhecimento que envolve a junção de diferentes conjuntos de conhecimentos já explicitados. São usados documentos, telefones, redes de computadores, conversas e reuniões como meios para combinar os diferentes conhecimentos [Ang02]. O conhecimento adquirido através de escolas e de treinamento formal nas escolas também assume essa forma. A combinação gera o conhecimento sistêmico.

Internalização que ocorre de conhecimento explícito em tácito. É o processo de incorporação do conhecimento explícito ao tácito, sendo a aprendizagem uma maneira de efetuar esta conversão. Para que o conhecimento seja internalizado são necessárias a verbalização e diagramação do conhecimento sob forma de documentos, manuais ou histórias orais. Os documentos ou manuais facilitam o compartilhamento do conhecimento explícito para outras pessoas, socializando-o e auxiliando-as a vivenciar indiretamente a experiência de outros.



Fig. 4.19: Formas de conversão de conhecimento

A criação do conhecimento em uma organização é produto de uma interação contínua e dinâmica entre o conhecimento tácito e o explícito. Essa interação é caracterizada pelas mudanças entre diferentes modos de conversão do conhecimento, que por sua vez são induzidas a vários fatores. Primeiramente a socialização desenvolve a interação, facilitando o compartilhamento das experiências e modelos mentais. Através da externalização provocada pelo diálogo ou reflexão, os membros da equipe são auxiliados a explicitarem o conhecimento oculto, que é difícil de ser comunicado. Num terceiro momento destaca-se a combinação, por meio da união do conhecimento recém-criado com aquele já existente no repositório de conhecimentos da organização, cristalizando-os assim em um novo produto, serviço ou sistema gerencial. Por fim, o “aprender fazendo” provoca a internalização. Esse processo cíclico, figura 4.20, caracteriza a espiral do conhecimento, proposta por Nonaka e Takeuchi.



Fig. 4.20: Espiral do conhecimento de Nonaka e Takeuchi

Ampliando a abordagem da espiral apresentada sob a ótica epistemológica, verifica-se que o conhecimento tácito dos indivíduos constitui a base do conhecimento organizacional e que o mesmo conhecimento mobilizado é ampliado “organizacionalmente” através das suas formas de conversão e cristalizado em níveis ontológicos superiores. Dessa forma, a interação entre o conhecimento tácito e explícito terá uma evolução cada vez maior na medida em que subirem os níveis ontológicos, conforme figura 4.21.

O conhecimento pode ser classificado segundo sua formalização e sua estruturação. A forma de representação a ser escolhida depende, fundamentalmente, da área do domínio do problema e até mesmo do próprio problema. Durkin propôs cinco formas de representação do conhecimento, relacionadas com a representação de sua formação e transferência, [Dur94]:

Tripla Objeto-Atributo-Valor : A tripla objeto-atributo-valor se baseia na construção de fatos em forma de blocos, na qual cada fato é tratado como conhecimento declarativo. Consiste, basicamente, em caracterizar, na área de domínio,

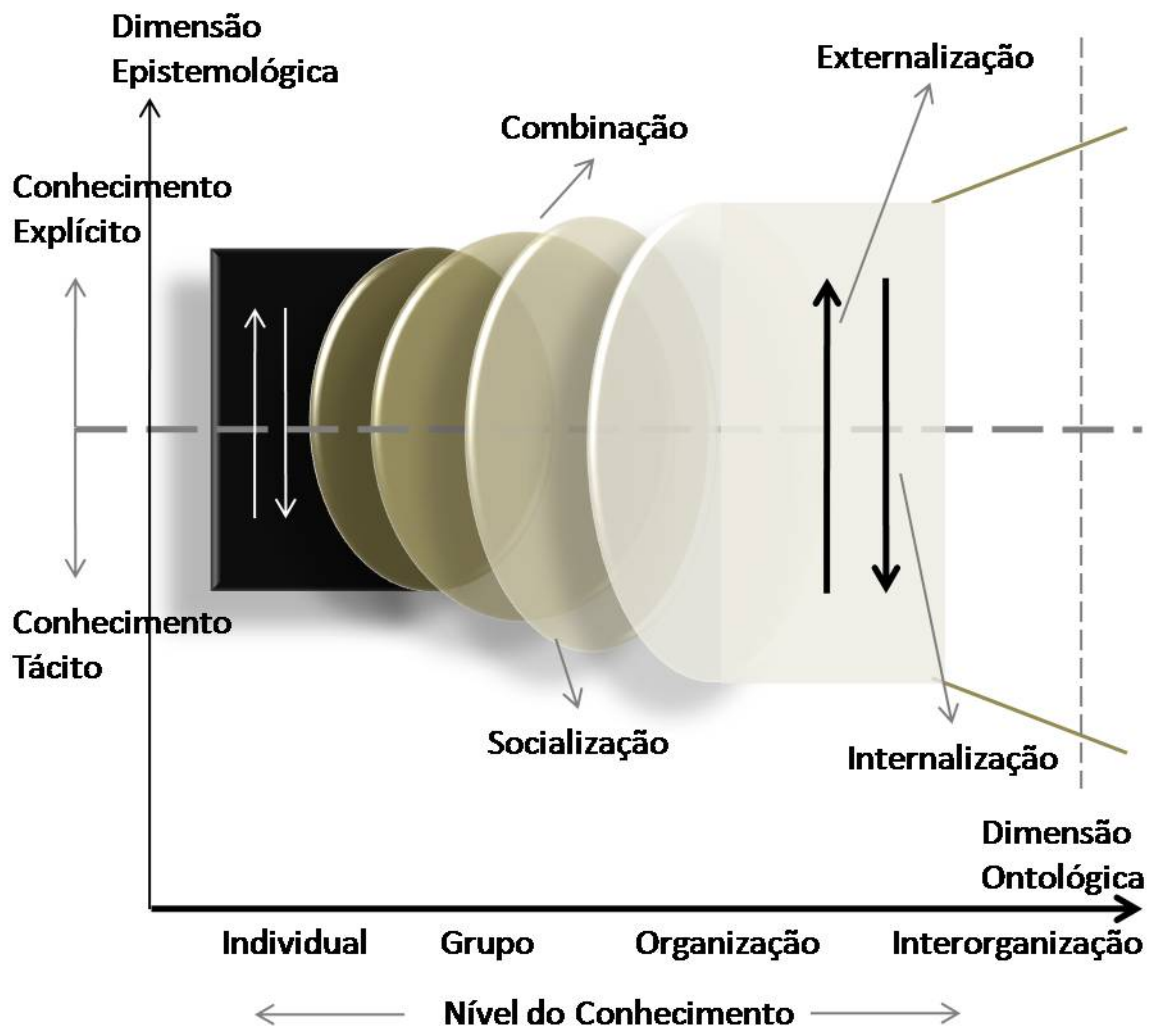


Fig. 4.21: Espiral do conhecimento organizacional de Nonaka e Takeuchi

objetos, associando-lhes um conjunto de atributos e, aos atributos, um determinado valor. Os objetos são entidades que têm significado físico; os atributos são propriedades do objeto; e os valores são especificações das atribuições feitas às propriedades.

Regras : representada por um conjunto de condições, conclusões e ações onde, se as condições são verdadeiras, a regra é disparada e as ações são desencadeadas. Ou seja, uma regra é uma forma de conhecimento procedural, associando uma informação a alguma ação. As regras constituem-se de duas partes: a primeira, chamada de antecedente ou premissa ou condição; a segunda, chamada

de conseqüente ou conclusão ou ação. Além disso, as regras podem possuir conectivos ligando seus antecedentes e são apropriadas para representar conhecimentos originários de recomendações, diretrizes ou estratégias. Também são utilizadas na resolução de problemas quando o domínio do conhecimento é resultante de proposições empíricas que foram desenvolvidas ao longo do tempo através da experiência de especialistas. Assim, Durkin define cinco tipos de regras distintas: “as regras de relacionamento, de recomendação, diretivas, de estratégia e heurísticas, que além de representarem diferentes tipos de conhecimento, representam os diferentes paradigmas de resolução de problemas (de interpretação, de diagnóstico, do projeto)”. O formalismo das regras é um mecanismo flexível que provém modularidade e padronização da representação do conhecimento.

Redes Semânticas : São definidas como “a representação de conhecimentos de vários objetos, como se fosse um conjunto de triplas objeto-atributo-valor, ou como uma forma de representar vários objetos e diversos atributos desses objetos”. Esquemáticamente, as redes semânticas são representadas como um conjunto de nós ligados por meio de arcos, no qual cada nó representa um objeto, uma entidade conceitual ou um evento, e cada arco representa o relacionamento existente entre cada par de nós, e cada qual representa um determinado fato. À medida que novos fatos vão sendo associados, cada nó pode ser ligado a outros nós. Dentre as vantagens pode-se mencionar a “Herança” que permite que o seu desenvolvimento tenha uma determinada hierarquia para os objetos, admitindo, com isso, que qualquer “objeto-filho” (subclasse) herde automaticamente todas as propriedades do “objeto-pai” (superclasse). Isso faz com que o conhecimento não tenha que ser representado explicitamente, o que simplifica a sua representação na base de conhecimento. Outra vantagem das “Redes Semânticas” é a “Flexibilidade” já que os nós e arcos podem ser adicionados à medida

que novos fatos são conhecidos, além da “Simplicidade”, devido à representação de conhecimentos através de simples triplas (nodo-arco-nodo). Dentre as vantagens, no entanto, destaca-se a tendência a formarem grandes redes, devido à necessidade de duplicação dos nós para as representações, assim, dependendo da área de domínio do problema, as redes semânticas podem ser inviáveis ou, até mesmo, impossíveis, visto que necessitariam de uma grande e complexa representação. Além disso, existe a dificuldade de se efetuar modificações na rede semântica já que, quando um nó é apagado da rede devem-se ligar os nós que permaneceram, a fim de garantir que informações nela contidas não sejam perdidas. O tempo de pesquisa também pode significar um problema de “explosão combinatória” na busca da solução de um determinado problema, isto é, dependendo do tipo de conexão existente, uma quantidade significativa de nós precisam ser percorridos.

Frames : são estruturas de dados para representação estereotipada do conhecimento de algum conceito ou objeto. Genericamente um “*frame*” é constituído de um nome, um conjunto de “*slots*” (atributos) com os respectivos valores que caracterizam o conceito e, finalmente, um conjunto de métodos para a utilização deste conceito, para sua atuação e comunicação. Em analogia à “Programação Orientada a Objetos (POO)”, os “*frames*” são associados às “*classes*”, e utilizam a propriedade de herança dentro da hierarquia das classes. Assim, objetos são definidos por meio de classes e instâncias, nos quais um conjunto de atributos (*slots*) e métodos associados a estes, estruturam toda a informação relativa aos objetos definidos, bem como toda a comunicação destes com outros objetos do sistema por meio de mensagens.

XML : (Extensible Markup Language) como “um sistema de codificação no qual qualquer tipo de informação ou conhecimento pode ser distribuído através da Internet” [Lig99]. XML é uma “linguagem de marcação de dados que provê

um formato para descrever informações estruturadas, ou seja, documentos que contêm uma estrutura clara e precisa da informação que é armazenada em seu conteúdo” [Fur00]. O XML possibilita uma melhor estruturação da informação e do conhecimento, à medida que permite a definição de documentos nos quais são separados: conteúdo, significado e apresentação. Dessa forma, os documentos disponibilizados em XML poderão ser indexados de forma mais precisa que as outras formas de representação. O HTML e o XML derivam da mesma linguagem, ambos identificam elementos em um contexto. O HTML descreve a aparência e as ações, enquanto o XML descreve o que cada sequência de dados é ou representa, ou seja, o conteúdo da informação [Fur00]. Em XML o conhecimento é estruturado através da criação de *tags* que permitem identificar as informações, diferentemente do HTML em que o mesmo conteúdo se encontra desestruturado e as *tags* representam apenas a aparência desse conteúdo.

Uma das maneiras de aumentar a precisão de retorno de conhecimento em sistemas de busca e facilitar sua representação é utilizar linguagens de representação do conhecimento. Muitas linguagens de “metadados” estão sendo desenvolvidas para permitir a indexação de fontes de informação e conhecimento através de sua representação e armazenamento. Dentre essas linguagens destaca-se a XML, como mais uma de representação de conhecimento [Mar99].

4.4 Conclusão deste capítulo

Neste capítulo foram apresentadas as estruturas e modelos de codificação e transferência do conhecimento com o intuito de fornecer os conceitos fundamentais para a elaboração de um código que possa ser utilizado no protocolo de comunicação para geração e transferência de um conhecimento específico.

Ao introduzir o tema informação e conhecimento descreveu a evolução de um conjunto de dados à condição de informação. Ao apresentar os axiomas de Watzlawick,

Beavin e Jackson verificaram-se algumas características importantes das comunicações e seu papel na formação e transferência do conhecimento em um sistema aberto de aprendizagem composto por um sistema didático e tecnológico de instrução.

Neste sistema aberto as componentes “Demanda de conhecimento”, “Aprendizes”, “Contexto educacional”, “Processos didáticos”, “Educadores/recursos” e “Formas de organização” constroem uma estratégia educacional baseada no uso de métodos indutivos, em busca de uma meta-cognição que utiliza a heurística com o objetivo de gerar conhecimento novo. Ao apresentar a estrutura do conhecimento releva uma nova inteligência, onde o “fator emocional” tem assumido um valor significativo e cuja consciência ecológica ganha uma maior relevância.

Com o objetivo de compreender o pensamento humano em sua referência objetiva, apresenta a visão do conceito de informação trazida para as ciências sociais que passa a ser trabalhada juntamente com o conceito de conhecimento. Associa a teoria do pensamento verdadeiro, tratada como crítica do conhecimento ou epistemologia, e a proposta de Decartes e Bacon para a busca dos conhecimentos dedutivo e indutivo, como os dois polos de esforços pelo conhecimento na Idade Moderna, o racional e o empírico.

Ao se estudar a informação, destacou os pontos de vista da tradição positivista, do fenômeno da cognição humana e da hermenêutica buscando uma definição social e pragmática. Compara os paradigmas da representação, emissor-canal-receptor e o platônico relevando a linguagem e os textos como traduções com dimensões limitadas de representação para as sofisticadas mídias atuais.

Ao apresentar as fases do conhecimento, este trabalho propõe a fase da percepção do conhecimento e as tecnologias sensoriais, como um novo horizonte para expandir a capacidade humana de perceber os novos modelos e formas do conhecimento. Ao apresentar os três mundos de Popper evidenciou as relações causais e a objetividade do terceiro mundo como produto para a compreensão dos objetos. Ao se detalhar a proposta do GFACS, como processo envolvido com a espiral de formação do conhe-

cimento, fez-se a associação do círculo funcional de Uexküll e o “Círculo Funcional Elementar” (CFE) como base para a representação multiresolucional.

Em seguida descreveu o papel dos princípios de organização do conhecimento e o fechamento semiótico para o CFE como pré-requisitos para o desenvolvimento da teoria dos sistemas inteligentes e do “autômato semiótico multiresolucional”. Apresentou as definições e os teoremas matemáticos relacionados ao modelo algébrico do espaço externo que, assim, será utilizado para codificação do conhecimento baseado na teoria dos autômatos adaptativos e das “Redes Bayesianas”.

Relacionando os sistemas dinâmicos com o espaço do conhecimento apresenta os modelos dinâmicos a tempo discreto, a tempo contínuo, e as transformações nos espaços métricos e topológicos, e considera que o sistema dinâmico seja pelo menos mensurável. Utilizou as definições da teoria da medida, o teorema dos espaços mensuráveis, o teorema ergódico de Birkhoff e outros fundamentos matemáticos para suportar a formalização de conceitos tais como convergência, conexidade e continuidade como princípios para a elaboração do protocolo de transferência no espaço dinâmico do conhecimento.

Destacou a entropia de uma medida invariante como um conceito que contém diversas informações ergódicas do sistema dinâmico. Ao descrever os tipos de autômatos e suas características principais apresentou os conceitos que os associa com os sistemas dinâmicos, seus modelos matemáticos e a gramática como um dos componentes básicos que os descrevem. Utilizando a classificação de Chomsky para as gramáticas, introduziu as ideias de uma hierarquia onde as sentenças de uma linguagem seguiriam a estrutura desta hierarquia. Estas ideias permitem classificar as linguagens segundo suas gramáticas e assim a representação de uma arquitetura baseada em planos fazendo emergir comportamentos mais complexos que envolvam tarefas como planejamento de trajetórias e mapeamento de ambientes.

Ao se utilizar o conceito do hipertexto como base para o código que formara o protocolo desejado, introduz-se um modelo formal de hipertexto fundamentado na

Teoria de Autômatos, incorporando não somente os aspectos declarativos do sistema, mas também aspectos dinâmicos, como a evolução do autômato no tempo em resposta à sequência de entrada de dados. Em seguida estendeu os conceitos aos Autômatos Adaptativos e Algoritmos Sintáticos, utilizados como ferramentas para o reconhecimento de padrões no processo de mapeamento e navegação exploratória do espaço externo de um sistema inteligente.

Com a necessidade de uma ferramenta matemática que manipulasse um volume maior de informações, introduziu-se o conceito das Redes Bayesianas com a ideia de utilizá-las em uma metalinguagem com recursos vetoriais. Com o objetivo de estudar a utilização dos conceitos apresentados na transferência do conhecimento estudou-se os organismos a partir da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) bem como a classificação dos conhecimentos em Tácito e Explícito.

Ao apresentar as formas de conversão do conhecimento estudou-se a espiral de transmissão sugerida por Nonaka & Takeuchi que considera diversas formas de representação, em especial a XML que se pretende utilizar no protocolo de transferência do conhecimento. No próximo capítulo é apresentado o protocolo semiótico ECOLIG destinado à transferência de um conhecimento específico, ao controle e à supervisão. Utilizando-se a espiral do conhecimento, segundo a proposta da semiótica Peirciana, e elementos virtuais, o protocolo proposto será submetido ao estudo de casos que propõe uma metodologia de treinamento e utilizam simuladores e situações práticas para análise de resultados.

Capítulo 5

O PROTOCOLO ECOLIG

5.1 Os Elementos do Protocolo

O Protocolo ECOLIG utiliza o conceito de elementos de aprendizagem para descrever componentes de origem sensorial que formam sua estrutura principal. Um Elemento de Aprendizagem é um recurso que pretende ser utilizado para fins pedagógicos e que possui, internamente ou através de associação, sugestões sobre o contexto apropriado para sua utilização [Sos02]. A utilização destes conceitos vai facilitar a introdução do protocolo em ambientes altamente interativos como dispositivos móveis e outros eletroeletrônicos ou eletromecânicos, que necessitam de interfaces cada vez mais inteligentes, simples e amigáveis.

Os “Elementos de Aprendizagem” podem trazer em seu contexto, direta ou indiretamente, áreas diversas como a filosofia, a semiótica, a psicologia, a antropologia, a computação gráfica, a animação, além de formas mais elaboradas como as engenharias, as ciências cognitivas, a publicidade, o *marketing*, as comunicações, o *design*, as críticas literária e artística além da narratologia dentre outras, podendo ser classificadas como elementos híbridos. Neste contexto, os Objetos de Aprendizagem envolvem programação, roteiro de navegação, *design* de interface, técnicas de animação e usabilidade[Mig08]. Manifesta-se portanto a natureza intersemiótica da hipermídia

e a intersecção de linguagens ou processos sógnicos que neles se concentram.

Pode-se destacar a interação e a imersão como causa e efeito destas ferramentas [Cas05]. A interatividade é uma propriedade intrínseca da comunicação digital [San04], e está relacionada com ações e reações do agente humano que se dão dentro das regras e instruções estabelecidas pela ferramenta utilizada. Mas pode haver também uma alta interatividade em soluções de maior complexidade, multiplicidade, não-linearidade, bi-direcionalidade, potencialidade, permutabilidade (combinatória), imprevisibilidade, etc., permitindo ao usuário uma maior participação e criatividade. A interatividade não é caracterizada apenas como experiência do usuário de sistemas inteligentes, mas também como possibilidade da criação colaborativa de uma obra aberta e dinâmica, em que os experimentos e novas situações de aprendizagem se reconstroem a medida que se utilizam signos na formação do conhecimento.

A imersão é outra propriedade esperada da comunicação digital, ela deve se acentuar com identificação de um espaço simulado e a possibilidade do usuário ser envolvido por esse espaço como ocorre na realidade virtual, principalmente com a utilização dos objetos de aprendizagem, onde se pode alcançar altos níveis de imersão. Pode-se definir a hipermídia como uma linguagem complexa e híbrida, que possui cinco características fundamentais:

1. Hipertextualidade é a forma fragmentada e descentralizada de distribuição das informações num dado ambiente virtual, caracterizada pelo hipertexto, possibilitando a leitura não sequencial do conteúdo e a flexibilidade no acesso às informações pertinentes.
2. Navegabilidade é a capacidade de se mover no espaço virtual. Além de disponibilizar vários caminhos, deve apresentar variações na forma de navegação.
3. A não-linearidade está relacionada com a mobilidade do usuário que não impede a escolha dos caminhos a serem percorridos, apesar de um fluxo de navegação

bem sinalizado. Fornece também a impressão de que há sempre mais informações a serem descobertas pelo usuário.

4. Hibridismo é a característica de uma interface que permite integrar imagens, ilustrações, fotografias, animação e som originando um novo contexto visual e semântico.
5. Interatividade é a capacidade que o usuário tem de acessar, estabelecer relações e interferir nos documentos, modificando as informações, configurando, e participando na formação do conhecimento. Ao contrário de uma simples animação, em um sistema interativo, o usuário pode seguir sentidos distintos para o mesmo programa, não sendo possível para o autor do sistema prever a multiplicidade de sentidos possíveis seguidos durante a utilização da ferramenta de aprendizagem.

Ainda que já esteja habituado com esse universo eletrônico, o uso de hipermídias na criação de ambientes com atividades pedagógicas, coloca o usuário frente a situações de aprendizado co-participativas ampliando desta forma seu senso crítico. A utilização estruturada de parâmetros associados aos sentidos humanos, codificados de tal forma que possam ser recebidos e transmitidos para dispositivos eletrônicos através de interfaces especiais e das hipermídias, caracteriza a base do protocolo ECOLIG.

O ser humano, membro da revolução tecnológica, possui atualmente uma maior proximidade com a linguagem visual do que com a escrita. A introdução de novos recursos interativos como por exemplo, os assistidos por computador, a robótica e os associados a dispositivos móveis por exemplo necessitam de novas interfaces e de protocolos mais inteligentes que facilitem o controle, a troca de informação e de conhecimento.

5.2 O Conceito Principal

O modelo de formação do conhecimento utilizado é o proposto por Charles Sanders Peirce onde o que se encontra em expansão é a mente humana, sendo assim tudo já está no mundo e portanto, se algum fenômeno não está explícito é porque a mente ainda não consegue entendê-lo ou explicá-lo. É necessário então expandir a compreensão humana para tudo o que já foi escrito sobre linguagem. A tese central de Peirce é a de que todo pensamento se dá em signos e que a cognição é triádica, figura 5.1, ou seja, formada por três termos básicos, uma relação entre um sujeito e um objeto sempre mediada pelo signo [Not96, Not95]. A Primeiridade (firstness),

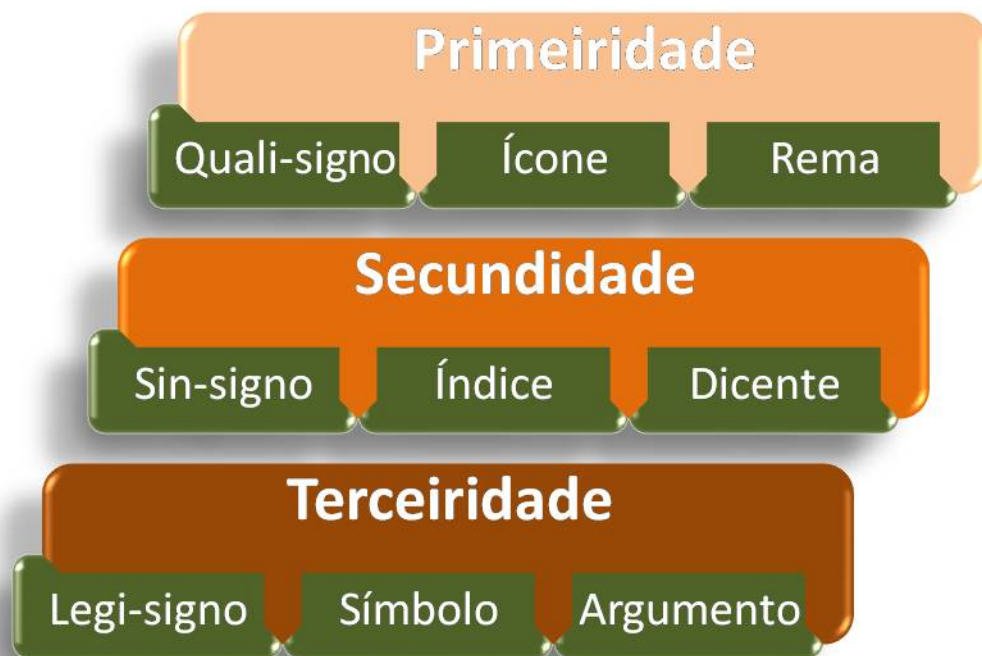


Fig. 5.1: Camadas Peirceanas

está relacionada com as ideias vagas, com o sentimento, ou seja, a apreensão inicial das coisas, que são partes integrantes da consciência, da sensação e do pensamento. Pode-se assim definir um quali-signo [Not95], por exemplo, como uma primeira forma imprecisa e indeterminada de predicação das coisas, relacionados com o sentimento, o acaso, o indeterminado, as coisas vagas, um conjunto de informações ainda não

associadas, uma novidade. Uma mônada, que não tem relação com nada totalmente determinado, é a pura possibilidade, o começo de um processo de semiose que poderá continuar ou não.

A Secundidade (Secondness) apresenta-se como uma continuação da Primeiridade no processo de cognição proposto por Peirce [Not96], uma sensação explicada pela reação, pela existência, pelo dependente, relativo, o aqui-agora, o determinado, a polaridade, a ação-reação, um mundo real, sensual e pensável. Nesse contexto, pretende-se suscitar a Secundidade através da associação das informações, do planejamento, dos diagramas e principalmente da interconexão das ideias. Certamente, onde quer que haja um fenômeno, há uma qualidade, e isto é, sua Primeiridade. Não obstante, a qualidade é apenas uma parte do fenômeno, visto que, para existir, a qualidade tem que estar presente em algum componente de aprendizagem.

A Terceiridade (Thirdness), significa signo, continuidade, semiose, aprendizagem, cognição, tempo, mediação, lei, mente e se encontra no terreno da razão e da tríade. Complementa a secundidade que, por sua vez, necessita da ação diádica, embutida dentro da ação [triádica] do signo, e da ação inteligente ou semiose, da mesma forma que se associam os signos às coisas que são também signos, e dos signos que só podem ser signos porque são também coisas. A razão, como parte mais elaborada da consciência é, de acordo com as categorias propostas por Peirce, um terceiro momento da apreensão e compreensão de um fenômeno. A Terceiridade, é a síntese intelectual ou o pensamento em signos, a medição entre o ser e o mundo, é o terreno do pensamento. O protocolo ECOLIG, formado por signos implementados segundo os conceitos apresentados, pode ser classificado como um recurso triádico utilizado no processo de cognição, navegação e controle.

5.3 Estrutura do Protocolo

O protocolo ECOLIG é um conjunto de códigos associados a processos cognitivos e sensoriais, utilizado para identificar determinadas atividades cerebrais, acionar dispositivos elétricos com o comando do cérebro, introduzir uma linguagem universal que inclua pessoas com limitações físicas e até mesmo para permitir a transmissão de sensações através de sistemas eletrônicos, podendo assim estender a percepção dos sentidos humanos ao alcance de outros sistemas como robôs e outras unidades exploratórias.

Outra aplicação é a de melhorar a usabilidade de dispositivos móveis como os telefones celulares, por exemplo, cada vez menores e onde as mãos e principalmente os dedos continuam sendo o principal meio de interação e controle. Com o protocolo ECOLIG e interfaces do tipo cérebro-computador (ICC), os equipamentos móveis podem receber comandos diretamente do cérebro; isso permitiria introduzi-los em óculos ou conectá-los a lentes especiais. Alguns outros benefícios estão associados à redução no consumo de energia e redução de componentes na concepção de dispositivos eletrônicos, contribuindo também para soluções ecologicamente corretas. O conceito utilizado nesse trabalho é de que várias atividades cerebrais produzem um sinal elétrico capaz de ser detectado através de terminais não invasivos, ou seja, que estão simplesmente em contato com a superfície externa do escalpo do crânio de um ser humano ou outro animal, e até mesmo sobre o cabelo que recobre esta superfície, figura 5.2.

Este é um procedimento muito semelhante ao utilizado nas medições feitas através dos exames de eletroencefalograma. O fato é que estes sinais, quando associados a atividades ou estímulos mais complexos como interpretação de imagens, comandos motores e sensações, por exemplo, possuem comportamentos que podem ser classificados e interpretados por um equipamento eletrônico. Esta classificação é relacionada com um conjunto de “assinaturas elétricas” e assim gera um código que é utilizado



Fig. 5.2: Ilustração sobre o uso da ICC

para a elaboração de um protocolo semiótico, figura 5.3.

A sequencia de formação do protocolo ECOLIG pode ser vista no diagrama apresentado na figura 5.4. Para que se utilizem os conceitos associados à semiótica é importante que se relacionem causas e efeitos no espaço externo a sinais percebidos no espaço interno. Esta relação direta e controlada pode ser o elo necessário para que consiga codificar processos cognitivos e o desenvolvimento semiótico. Portanto, as primitivas do protocolo ECOLIG serão relacionadas a determinadas atividades cerebrais através de sinais captados, filtrados e classificados pela ICC. No caso da ICC utilizada, estes sinais lógicos captados são classificados em Expressão, Cognitivos e Emocionais. Os de Expressão se referem a movimentos comuns aos seres humanos como piscar os olhos e outros. Os Cognitivos são configuráveis e emergem de amostras de sinais que podem ser armazenados na interface a partir de associações com pensamentos, imaginação ou qualquer outra atividade cerebral em uma fase prévia

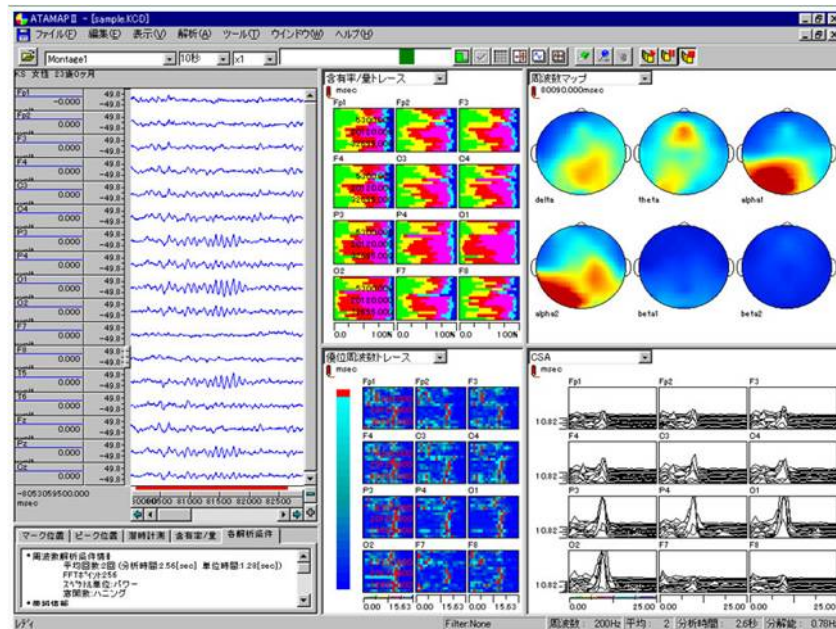


Fig. 5.3: EEG - Tela do programa Malica da TEAC Corporation

de treinamento. Os Emocionais são relacionados a estados sentimentais do ser humano como excitação ou depressão, por exemplo. Os signos do protocolo ECOLIG serão então identificados e transformados em signos semióticos conforme a ação que se deseja promover no espaço externo.

O conceito de um protocolo está normalmente associado a padrões que são utilizados em processos de comunicação; neste caso, no entanto, este conceito vai além da comunicação. Este protocolo semiótico está associado também a um conjunto de símbolos que são interpretados como signos semióticos por sistemas inteligentes, podendo significar assim comandos mais complexos ou até meta-interpretações que podem ainda evoluir ao serem processadas por outros sistemas inteligentes. Essas meta-interpretações em evolução podem ser consideradas processos de aprendizagem que ocorrem em redes neurais biológicas ou artificiais.

Algumas experiências semelhantes estão sendo realizadas em importantes centros de pesquisa, como na Universidade Carnegie Mellon nos EUA [Jus08] e no Bernstein Center em Berlin na Alemanha [Hay09]. Porém, pretende-se utilizar uma “assinatura elétrica” produzida por determinadas atividades cerebrais, e não diretamente pelo



Fig. 5.4: Sinais de formação do protocolo ECOLIG

fluxo sanguíneo através de equipamentos de ressonância magnética, como ocorre por exemplo na experiência da Universidade Carnegie Mellon nos EUA. Desta forma, pretende-se conseguir maior portabilidade para os dispositivos utilizados e para as interfaces a serem desenvolvidas a partir deste trabalho.

Não obstante, as perspectivas do uso destas novas tecnologias podem modificar consideravelmente as relações humanas, as leis e muitos hábitos sociais, conforme analisa Paul Root Wolpe, diretor do “*Center for Ethics*” da “Emory University” em Atlanta [Wol07].

Um protocolo semiótico suportado por sinais elétricos sensoriais, captados diretamente do sistema nervoso central, permite também a criação de interfaces eletroeletrônicas mais simples e eficientes do que as mecânicas ou eletromecânicas atualmente em uso. Possibilita ainda a criação de sistemas de aprendizagem mais eficientes, já que será possível reduzir as etapas associadas à transferência de uma informação como parte da troca ou transmissão de um conhecimento específico. Uma linguagem universal suportada por signos sensoriais já era utilizada nos primórdios da huma-

nidade, como as figuras que ficaram retratadas nas cavernas pelos povos primitivos que não tinham a linguagem falada ou escrita para se comunicar, figura 5.5.

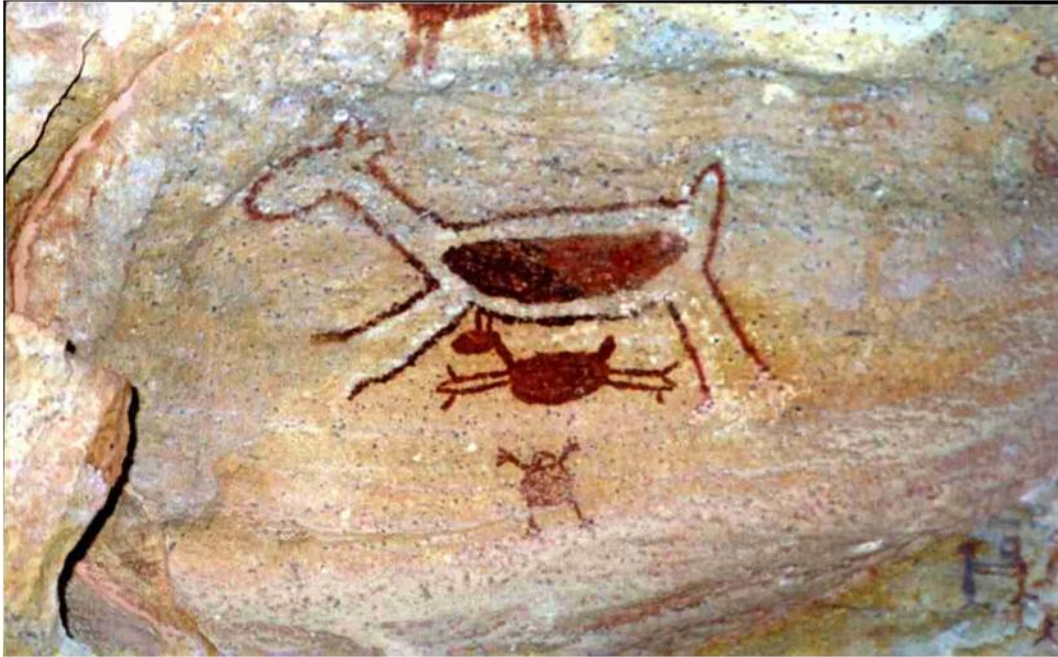


Fig. 5.5: Figuras desenhadas em cavernas por povos primitivos

Mas pode-se ir muito além, já que o cheiro, o tato, o som e mesmo a imaginação podem gerar signos semióticos em nossa mente, com suas respectivas “assinaturas elétricas”. Em termos práticos, pense em falar com seu pai ou sua mãe e o sistema o conectará com ele ou ela, sem a necessidade de você associá-los a números. Este funcionará como um celular que não precisa de teclado, ou ainda um carro que não precisa de volante para virar para a direita ou seguir em frente, já que ele aceita seu comando mental.

O protocolo ECOLIG é definido para comunicação entre dois ou mais Sistemas Inteligentes Sensoriais (SIS) e/ou Operadores Sensoriais (OS). Os “OS” e os “SIS” são definidos como dispositivos eletrônicos, orgânicos ou mistos, capazes de captar, medir, interpretar e transmitir sinais sensoriais. Os “OS”, no entanto, só atuam a partir de informações processadas pelos “SIS”. Portanto a habilidade de tomar decisões a partir destas informações sensoriais é que diferencia um SIS de um OS. Estes

dispositivos sensoriais, eletrônicos, orgânicos ou mistos são capazes de identificar, classificar e medir todas ou algumas das sensações então conhecidas:

- Visão;
- Audição;
- Olfato;
- Tato;
- Paladar;
- Movimento ou Propriocepção;
- Equilíbrio.

Estas sensações vão se constituir assim no conjunto de signos primitivos do protocolo ECOLIG.

5.4 As Primitivas Sensoriais

Os signos que compõem o protocolo ECOLIG estão agrupados segundo às sensações ditas “*Humanas*”, “*Transumanas*” e “*Cognitivas*”. O critério de classificação das “*Humanas*” seleciona as sete sensações hoje aceitas e verificáveis no Seres Humanos, ficando as demais agrupadas na categoria “*Transumanas*”. A categoria “*Cognitiva*” refere-se a uma classe que associa signos a sinais elétricos como as demais, porém as definições destes signos são dinâmicas e podem ser redefinidas no tempo, em um processo de aprendizagem contínuo.

Classificam-se na Categoria “H” (Humanas):

- Visão (*Vision*);
- Audição (*Hearing*);

- Olfato (*Smell*);
- Tato (*Tact*);
- Paladar (*Taste*);
- Movimento ou Propriocepção (*Movement or Proprioception*);
- Equilíbrio (*Balance*).

Todas as Categorias de sinais possuem uma característica importante, elas não estão restritas à capacidade humana, ou seja, a Visão alcança faixas de frequência e outras informações além da visão humana, bem como a audição e assim por diante. A categoria T (Transumanas) inclui, nesta definição inicial:

- Magnetismo (*Magnetism*);
- Radiação (*Radiation*);
- Presença (*Presence*);
- Visão-Ampliada (*Augmented-Vision*)

A cada código é atribuído um conjunto de informações vetoriais que permitem sua interpretação, além da identificação de seu nível de maturidade de conhecimento.

A categoria “C” (Cognitivas), em sua definição teórica, permite um conjunto ilimitado de sinais já que considera todo o espectro de frequências e amplitudes dos sinais analógicos, amostrados em diferentes intervalos de tempo. No caso dos sinais adquiridos através da ICC, as limitações estão associadas às restrições dos sinais captados pelo tipo de interface utilizada. Uma imagem, por exemplo pode ser constituída pela descrição vetorial de seus elementos e sua maturidade de processamento ou conhecimento. Esta maturidade está associada ao nível de reconhecimento de seus elementos, do significado do todo, da sua afinidade com um objetivo principal e da

eventual capacidade de reduzi-la, no todo ou em parte, a uma categoria secundária, elegendo em seu lugar novos significados principais, como será descrito a seguir.

Na categoria “H” um odor, por exemplo, pode ser quantificado, interpretado e também qualificado segundo seu nível de maturidade de conhecimento. Esta sensação pode ter vários significados no processo da formação de um conhecimento específico. A percepção da fumaça pode significar que algo está queimando e, dependendo do contexto, o significado (interpretação) pode amadurecer para um alerta ou até mesmo para uma situação de prazer, se for em um churrasco, por exemplo.

A maturidade de conhecimento é que confere ao protocolo a característica semiótica prevista na teoria de Peirce [Not95]. A transmutação¹ do código semiótico ocorre quando o significado de um signo é redefinido segundo um objetivo específico.

A relação de signos da categoria Humanista e da classe Movimento ou Propriocepção é:

- ecoNeut, estado neutro, onde nenhuma alteração deve ser submetida;
- ecoPush, empurrar;
- ecoPull, puxar;
- ecoLift, levantar;
- ecoDrop, deixar cair;
- ecoLeft, movimento para a esquerda;
- ecoRigh, movimento para a direita;
- ecoRlef, rotacionar para a esquerda;
- ecoRrig, rotacionar para a direita;
- ecoRclo, movimento circular no sentido do relógio;

¹Para a alquimia, transmutação é a conversão de um elemento químico em outro. Este conceito é também aplicado com características próprias na genética e na física nuclear.

- ecoRctc, circular no sentido inverso do relógio;
- ecoRfor, movimento de translação para a frente;
- ecoRrev, movimento de translação reversa;
- ecoDisp, desaparecer.

Portanto, um subconjunto das recomendações para utilização dos signos do protocolo ECOLIG está descrito no anexo “Modelo para Recomendações do Protocolo ECOLIG”, lá estão relacionados alguns dos signos da Categoria Humanista da Classe Movimento. Uma implementação do protocolo ECOLIG, pode ser feita seguindo este modelo que é estruturado segundo os conceitos da recomendação “*Scalable Vector Graphics*” (SVG Tiny, Version 1.2) do “*World Wide Web Consortium*” (W3C) [SVG08]. A SVG Tiny, apesar de ser uma recomendação que define elementos gráficos bidimensionais, utiliza as transformações vetoriais para representação em “3D” destes elementos gráficos. Este modelo confere velocidade e flexibilidade no tratamento de imagens, que podem ser codificadas e alteradas de modo mais simples por recursos computacionais. Um exemplo desta codificação, no formato “SVG”, pode ser vista no algoritmo 1 (Anexos) e seu efeito apresentado na figura 5.6.

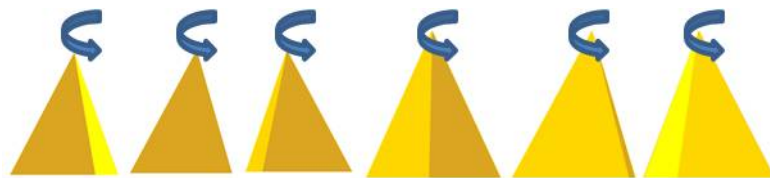


Fig. 5.6: Rotação de uma pirâmide de 3 faces

Assim esta mesma codificação, mas utilizando os signos de movimento do protocolo ECOLIG, poderia ser como apresentado no algoritmo 2 (Anexos), onde a definição dinâmica do signo “ecoRrig” pode ainda evoluir com significados diferentes no tempo. Isto pode ser feito utilizando-se o conceito de redefinição dinâmica da rotina a ser executada (uma metalinguagem).

Para demonstrar a aplicabilidade do protocolo, estas definições foram implementadas com interfaces do tipo ICC (Cérebro-Computador) em sistemas que utilizam os sinais elétricos captados por terminais, não invasivos, colocados sobre a superfície externa do escalpo do crânio e assim, as alterações detectadas nessas medições foram relacionadas às atividades sistêmicas como emoções, expressões e outras cognitivas codificadas através dos signos do protocolo ECOLIG. Deste modo foram estudadas as correlações destes sinais com o comportamento de um indivíduo sob observação onde, a metodologia utilizada considerou o cérebro como uma unidade de onde emanam as ondas elétricas e eletromagnéticas em estudo.

Ao se estudarem os componentes principais geradores destas ondas elétricas, foram considerados a propagação do potencial de ação, as sinapses e as estruturas celulares. Considerando-se que os sinais obtidos através da Interface Cérebro-Computador é um dos elementos fundamentais nos experimentos propostos nesta tese, serão descritas a seguir de maneira simplificada, as principais fontes destes sinais e seu processo de captação.

As células gliais são responsáveis pelas funções de sustentar, proteger, isolar e nutrir os neurônios. Os neurônios, por sua vez, são as células fundamentais do sistema nervoso que, sendo altamente especializadas, geram impulsos eletro-iônicos a partir de processos biológicos e que são transmitidos de uma parte a outra do corpo, e estão assim normalmente relacionados com estímulos internos e externos.

Os neurônios podem ser encontrados com diferentes formas e vários tamanhos, contudo, todos têm a mesma estrutura básica, figura 5.7. O neurônio é constituído por um corpo celular, contendo o núcleo que, por sua vez, encontra-se rodeado pelo citoplasma e as organelas nele existentes. Do corpo celular estendem-se dois tipos de prolongamentos, os axônios e os dendrites. Os dendrites são prolongamentos altamente ramificados que terminam em receptores sensoriais especializados (como os neurônios sensoriais primários) ou formam sinapses com neurônios vizinhos, dos quais recebem estímulos. Em geral, os dendrites são o principal meio de entrada de

informação para dentro do neurônio, isto é, em direção ao corpo celular. Através do axônio é que se transmitem os impulsos para fora do corpo celular, os axônios apresentam uma estrutura cilíndrica que pode medir até um metro de comprimento, terminando sobre outros neurônios ou órgãos efetores por meio de pequenos ramos que finalizam em pequenas dilatações chamadas botões terminais.

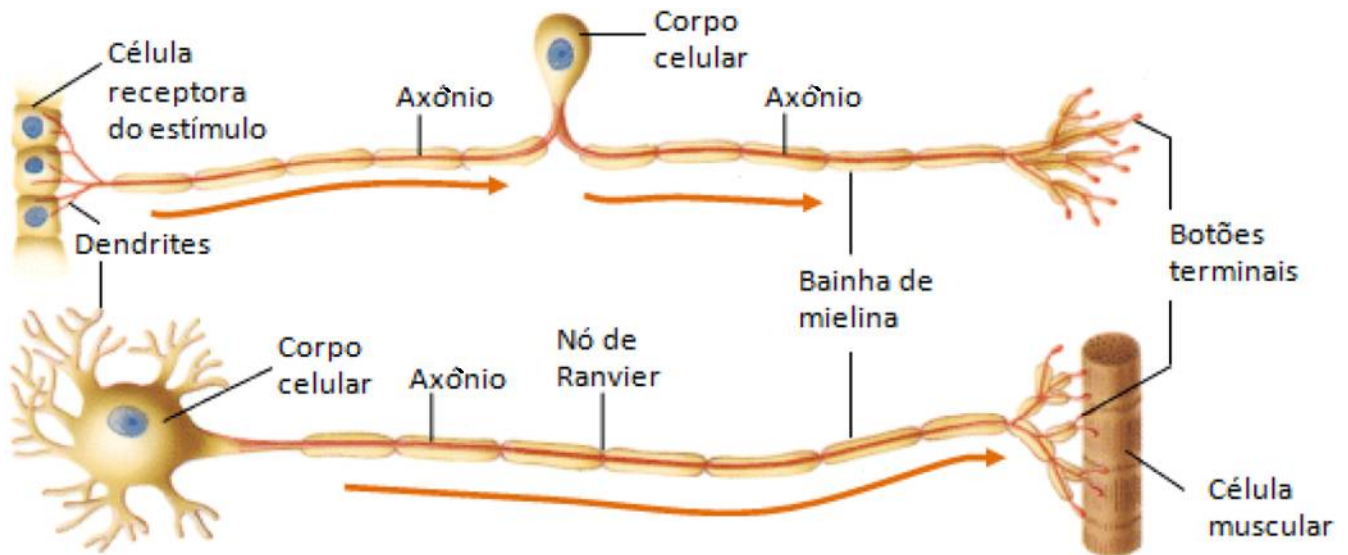


Fig. 5.7: Estruturas Neurais Típicas: Sensorial e Motor

As funções do sistema nervoso dependem da excitabilidade que está relacionada com as propriedades do seu estado de repouso. O neurônio em repouso mantém um gradiente iônico através da sua membrana plasmática, criando desse modo um potencial elétrico. A diferença de potencial entre os meios intracelular e extracelular num neurônio típico é de aproximadamente -70 milivolts. Este é conhecido como o potencial de repouso da membrana, uma vez que é o potencial da célula nervosa em repouso. Nos neurônios, os íons que são os principais responsáveis por este gradiente são o sódio (Na^+) e o potássio (K^+), que se encontram em maior concentração nos meios extra e intracelular, respectivamente. Este gradiente é possível devido ao fato da membrana plasmática do neurônio transportar ativamente estes íons através das bombas de “sódio-potássio”. Estas bombas transportam os íons Na^+ para o exterior da célula e os íons K^+ para o interior da mesma, utilizando energia na forma de

adenosina trifosfato (ATP).

A proporção entre íons transportados pela bomba é de 3 Na⁺ para 2K⁺. Além disso a membrana da célula nervosa é, em repouso, praticamente impermeável ao sódio, impedindo que este se desloque a favor do seu gradiente eletroquímico. Como a saída de sódio não é acompanhada pela entrada de potássio na mesma proporção, resulta que o potencial de repouso da membrana é negativo. Diz-se então que a membrana está polarizada. Quando um neurônio é estimulado, a sua membrana torna-se subitamente mais permeável aos íons Na⁺ e, assim, estes entram na célula a favor do gradiente eletroquímico. Em consequência, ocorre uma alteração do potencial de membrana de -70 mV para +30 mV, fenômeno que tem o nome de despolarização da membrana, ficando o neurônio num estado excitado. Após a despolarização dá-se o fenômeno de repolarização, em que a membrana retorna ao seu estado anterior.

A repolarização da membrana ocorre devido a dois fatores:

1. um súbito decréscimo na permeabilidade da membrana aos íons de sódio, que interrompe o seu influxo;
2. um rápido efluxo de íons potássio.

Uma onda de despolarização, conhecida como potencial de ação, transmite-se então ao longo da membrana plasmática devido a ciclos de despolarização e repolarização nas regiões adjacentes ao longo do axônio. Observa-se que o potencial de membrana decresce momentaneamente abaixo dos -70 mV neste processo (hiperpolarização da membrana) o que se deve a um atraso no encerramento dos canais de potássio presentes na membrana. Quando um neurônio deixa de ser estimulado, a bomba sódio-potássio rapidamente restabelece as concentrações intra e extracelulares de ambos os íons, preparando-o para um novo potencial de ação.

Assim se caracteriza a eletro-gênese dos sinais elétricos decorrentes das atividades cerebrais, figura 5.8.

Os impulsos nervosos são assim caracterizados pela propagação do potencial de

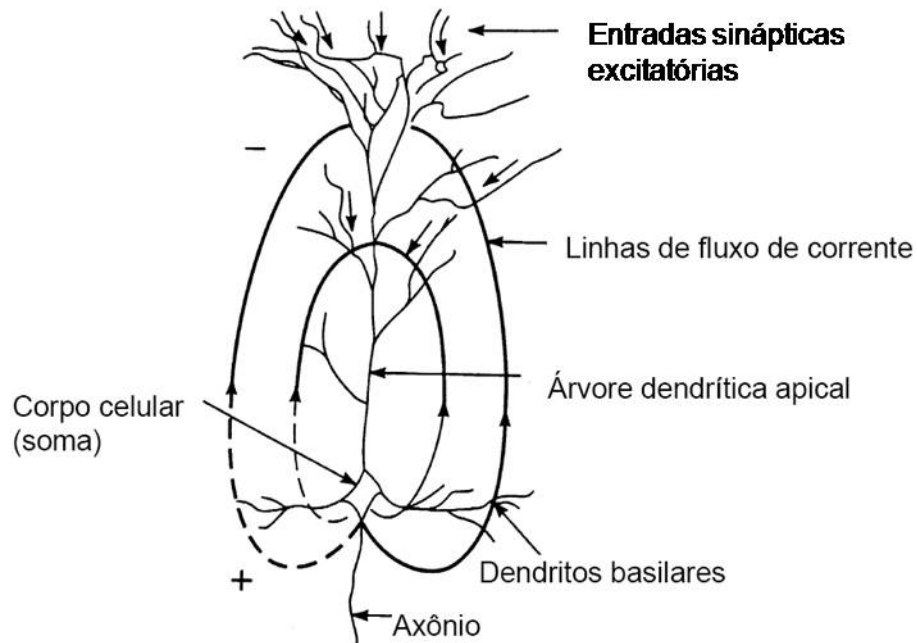


Fig. 5.8: Eletro-gênese dos sinais neurais

ação através dos neurônios. Estes impulsos transmitem-se de um neurônio para outro através um pequeno espaço que os separa onde ocorrem as sinapses. As sinapses podem ser classificadas em químicas e elétricas.

As sinapses químicas ocorrem através de um botão terminal axonal do neurônio pré-sináptico (transmissor), um espaço entre os neurônios adjacentes (fenda sináptica), e a membrana do dendrito do neurônio pós-sináptico (receptor). As sinapses elétricas são, por sua vez, relativamente mais simples estrutural e funcionalmente, tendo lugar em locais especializados e com funções específicas; para efeito deste estudo no entanto, nosso foco será a sinapse química, nestas sinapses quando um potencial de ação alcança um botão terminal, a despolarização da membrana plasmática do botão estimula um rápido influxo de íons de cálcio. Estes íons, por sua vez, estimulam a liberação, por exocitose, de substâncias químicas armazenadas em pequenas vesículas no botão terminal. Estes químicos são conhecidos como neurotransmissores. Os neurotransmissores são libertados para a fenda sináptica e posteriormente ligam-se aos receptores localizados na membrana do neurônio pós-sináptico. Na maioria dos casos, isto estimula um rápido aumento na permeabilidade da membrana

do neurônio pós-sináptico aos íons de sódio, o que irá desencadear um novo potencial de ação na célula pós-sináptica (sinapse excitatória). Contudo, existem também sinapses inibitórias que, como o próprio nome indica, inibem a transmissão do impulso nervoso por meio de neurotransmissores que tornam a membrana da célula pós-sináptica menos excitável.

Uma única célula nervosa pode ter até 50000 sinapses, e é a soma de impulsos excitatórios e inibitórios que vai definir se o neurônio pós-sináptico gera um potencial de ação ou não. Nas sinapses elétricas, a corrente iônica é transferida diretamente de uma célula para outra, uma vez que os canais existentes nas “*gap junctions*” permitem a passagem direta dos íons do citoplasma de uma célula para o citoplasma da outra, criando, quase instantaneamente, um potencial de ação no neurônio pós-sináptico. Deste modo, a transmissão da informação por meio de sinapses elétricas é mais rápida relativamente às sinapses químicas. Porém, as sinapses de origem elétrica são utilizadas apenas no sentido de enviar sinais de despolarização; elas não possuem a capacidade de produzir impulsos inibitórios ou de alterar as propriedades elétricas das células pós-sinápticas.

Predominantes, as sinapses químicas promovem, através do aumento da ativação neuronal, um consumo mais elevado de glicose. Portanto, as quantidades de oxigênio sanguíneo e de oxiemoglobina, aumentam na região e, é este aumento de hemoglobina oxigenada que é utilizado pela ressonância magnética funcional para medir o nível de atividade cerebral em determinada região. Estas atividades, no entanto, quando relacionadas a processos mais complexos podem acionar regiões específicas do córtex e estes sinais podem ser medidos por sensores elétricos invasivos ou não, e é então fonte de informação básica que será utilizada na defesa desta tese.

Os hemisférios cerebrais esquerdo e direito, são interligados entre si pelo corpo caloso, situado na parte inferior da fissura inter-hemisférica, figura 5.9.

Cada hemisfério possui uma fina camada externa de substância cinzenta (córtex cerebral), que contém os corpos celulares dos neurônios. Situada debaixo do córtex

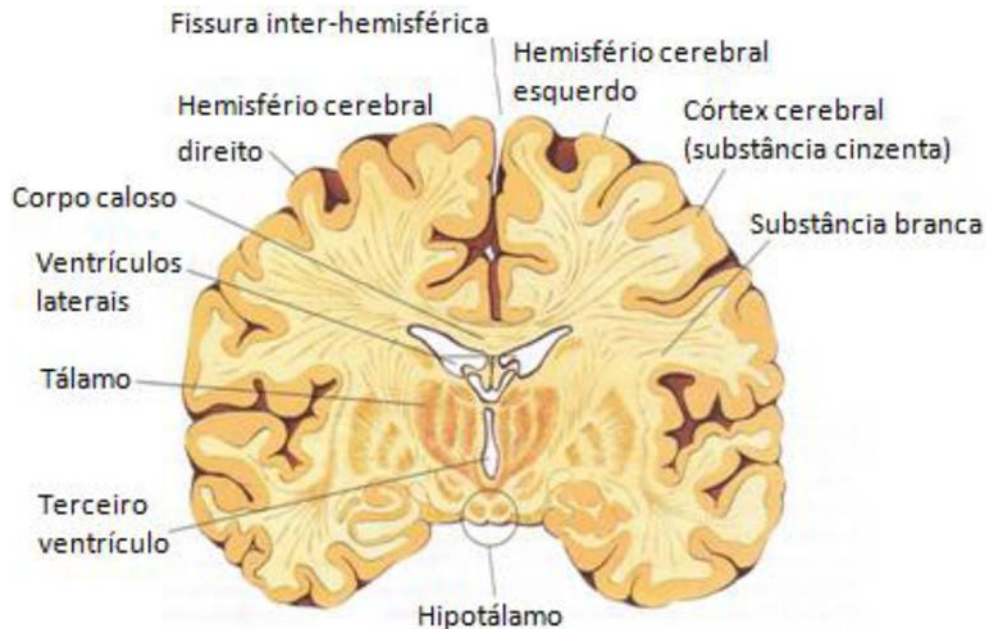


Fig. 5.9: Estruturas do Cérebro

cerebral está uma abundante camada de substância branca, contendo feixes de axônios neuronais mielinizados, que lhe conferem a aparência branca. Os hemisférios cerebrais estão divididos em quatro lobos cerebrais:

- lobo frontal,
- lobo temporal,
- lobo parietal,
- lobo occipital.

O monitoramento das atividades é feito através do registo da atividade elétrica do cérebro utilizando-se de vários eletrodos ao longo do escalpo. A atividade conjunta de milhões de neurônios corticais, gerando potenciais neuronais pós-sinápticos inibitórios e excitatórios, produz um campo elétrico suficientemente forte para ser medido à superfície do escalpo do crânio. Além destes potenciais, correntes celulares intrínsecas produzidas pela ativação de canais iônicos provavelmente também contribuem para o EEG, embora o seu papel ainda não tenha sido demonstrado claramente. Estes

sinais possuem uma resolução temporal da ordem do milissegundo, porém a resolução espacial é limitada, na gama do centímetro, o que se deve principalmente aos fatores:

1. limitado número de eletrodos utilizados;
2. distorções resultantes das diferentes condutividades dos tecidos intervenientes;
3. aos processos mentais, tal como o pensamento, que apresentam respostas difusas e, como tal, constituem fontes de ruído relativamente ao sinal que se pretende analisar;
4. o problema inverso, na identificação da fonte geradora do sinal.

Deste modo, a correlação dos sinais com uma determinada fonte é problemática, dificultando a determinação precisa da região responsável pelo sinal e assim dificulta que se encontrem as fontes intracerebrais dos potenciais registrados no escalpo e seu relacionamento com a atividade dos geradores neurais dentro do cérebro. Este é conhecido como o problema inverso da electroencefalografia. A questão reside no fato do problema inverso não possuir uma solução única e, como tal, diferentes combinações de fontes intracerebrais podem resultar na mesma distribuição de potencial no escalpo. A única forma de resolver este problema é através da realização de suposições apriorísticas específicas acerca das fontes intracerebrais que se assume serem a causa de uma dada distribuição de potencial no EEG ao nível do escalpe, bem como pela introdução de um modelo do meio condutor que separa a fonte dos eletrodos e que leva em conta propriedades essenciais do corpo humano, como a geometria e a resistividade.

Portanto, na busca pela determinação das fontes intracerebrais, vários métodos matemáticos têm sido desenvolvidos, e normalmente estão divididos em dois grupos principais:

- os modelos dipolares, que assumem que as fontes estão localizadas;

- os modelos lineares ou distribuídos, que assumem fontes extensas com características específicas.

Para os estudos dos distúrbios cerebrais e de várias patologias clínicas, esta determinação exata da região fonte das atividades é, na maioria das vezes, essencial como única forma de intervir exatamente onde seja necessário. Para efeito de elaboração do protocolo semiótico, no entanto, é possível a utilização desta tecnologia, principalmente devido aos fatores:

- a associação dos sinais é feita com comportamentos mais complexos;
- envolvem regiões mais bem definidas no mapeamento cerebral;
- é prevista a fase de treinamento e adequação às interfaces;
- eventuais indefinições quanto ao comportamento de origem podem ser excluídas.

O EEG clínico é comumente gravado utilizando o Sistema Internacional 10/20, que é um sistema padrão para a colocação uniforme de eletrodos na superfície do escalpo, sendo, em geral, o contato assegurado por um gel condutor de forma a diminuir a impedância. Este sistema de montagem emprega 21 eletrodos em pontos definidos por referências anatômicas no escalpo. Os números 10 e 20 representam percentagens que significam distâncias relativas entre as diferentes localizações dos eletrodos no perímetro do crânio, figura 5.10.

O potencial elétrico é uma grandeza relativa, portanto o seu valor terá que ser obtido através de uma diferença, o que significa que é necessária a utilização de potenciais de referência. Nesse sentido, existem duas montagens principais que são utilizadas na rotina clínica: as montagens monopolares e as bipolares. As primeiras requerem um eletrodo de referência que está posicionado a uma distância considerável ou que é tido como o valor médio de todos os eletrodos. Por sua vez, as montagens bipolares consideram a medida de cada canal como a diferença entre um par de

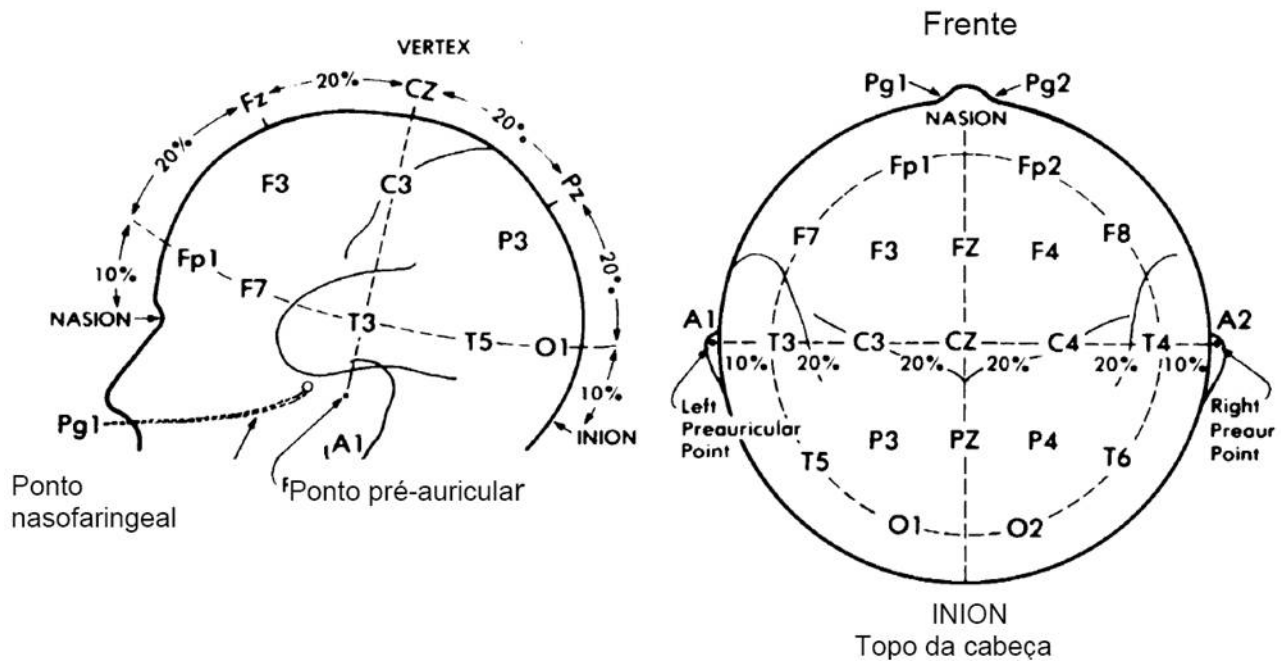


Fig. 5.10: Sistema Internacional 10/20

eletrodos, normalmente adjacentes. Como alternativa à colocação de eletrodos diretamente no escalpo, podem ser usadas toucas onde os eletrodos estão fixos. A análise dos sinais leva em consideração o posicionamento dos eletrodos, e assim as prováveis regiões ativas do cérebro, além do comportamento, os sinais de baixa frequência como as ondas Delta, Teta, Alfa, Beta e Gama, que vão desde aproximadamente 1.5Hz até cerca de 70Hz, figura 5.11.

A cada tipo de onda cerebral estão associadas diversas características e comportamentos que as caracterizam:

- A onda Delta, uma onda cerebral de variação lenta, com frequências inferiores a quatro ciclos por segundo, são comumente captadas na zona posterior do cérebro e estão em geral, associadas ao sono profundo nos adultos;
- A onda Alfa, na banda de frequências entre os 8 e 13Hz, apresenta um comportamento moderado, suave, com oscilações elétricas regulares e estão relacionadas com situações onde a pessoa está acordada e relaxada;
- A onda Gama, situa-se na faixa dos 40 Hz porém podem ser verificadas entre

26 e 70Hz. Ela é definida como um padrão das ondas associada à percepção e à consciência;

- A onda Teta, associada ao estado de alerta e excitação, é definida como uma forma de onda na faixa de frequências entre os 4 e os 7Hz ;
- A onda Beta, situa-se na faixa de frequências entre os 13 e os 30Hz e está relacionada com estados de ansiedade e apreensão, trata-se de uma das ondas cerebrais com maior ocorrência em electroencefalogramas de adultos.

As exigências técnicas no que refere ao equipamento para o registo de sinais do tipo EEGs são relativamente modestas: um conjunto de eletrodos, um amplificador de sinal, um conversor analógico/digital e um computador para armazenamento de dados, análise do sinal e representação gráfica se for o caso. Será utilizado uma interface com 14 canais de alta resolução, mais dois terminais de referencia CMS/DRL (*Common Mode Sense/Driven Right Leg*) nas localizações P3 e P4 respectivamente, para aquisição de sinais neurais acoplados em um “*neuroheadset*” sem fio. Os nomes dos canais seguem uma nomenclatura internacional e suas localizações seguem o padrão 10/20: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4. No campo do processamento de sinal obtido, são utilizados filtros elétricos de sinal para o cancelamento dos artefatos e ruídos, um procedimento importante para a subsequente análise do sinal. Os terminais CMS/DRL substituem os eletrodos convencionais de referência para o “terra” além de permitirem uma melhor filtragem e proteção na manipulação dos sinais:

- Common Mode Sense (CMS): eletrodo ativo;
- Driven Right Leg (DRL): eletrodo passivo.

Estes dois eletrodos formam um “loop” de realimentação, que direciona o potencial médio do indivíduo para o valor mais próximo possível da voltagem de referência utilizada na conversão Analógico/Digital (ADC), figura 5.12.

Ao se projetar um sistema com sinais mistos (Analógicos e Digitais), muitos projetistas têm a tendência de examinar e otimizar cada componente separadamente. No entanto, o recomendável é que se tenha um entendimento do impacto de cada componente em toda a performance do sistema. Quando um projeto tem um conversor analógico digital (ADC) não é fácil identificar como este componente interage com a voltagem de referência e com as cargas armazenadas no circuito. O circuito CMS/DRL tem também outras funções mais complexas que não são facilmente identificadas quando se utiliza uma solução convencional com um único eletrodo de Terra:

- Devido ao circuito de realimentação, a impedância efetiva do eletrodo “DRL” diminui com um fator de 100 vezes na frequência de 50Hz. Este resultado implica em um 40 dB extra CMRR (“common-mode rejection ratio”) a 50 Hz, quando comparado com o uso de um eletrodo Terra normal com a mesma impedância;
- O eletrodo DRL é o único caminho de retorno de corrente entre a pessoa e o dispositivo analógico/Digital. A corrente de retorno pode ser limitada eletronicamente (aprox. $50\mu\text{A}$), o que protege o sujeito contra descargas de corrente devido ao amplificador ou defeito nos eletrodos.

A referência do eletrodo CMS também é utilizado para verificar as condições de contato dos demais eletrodos e assim fornecer uma informação importante para as medições e validação dos resultados obtidos em tempo real.

Procedimentos de segurança para instalação e utilização das Interfaces Cérebro-Computador:

1. Não conectar a ICC (Interface Cérebro-Computador) no carregador ou o conector USB durante o uso;
2. Sempre remover a ICC durante a carga e evitar tocar os sensores, se instalado;

3. A ICC entra automaticamente no modo de suspensão enquanto ligado ao carregador, por isso não é possível a sua utilização durante o carregamento;
4. Os adaptadores dos sensores são removíveis para limpeza e conservação, ainda assim recomenda-se que os usuários não compartilhem os sensores para evitar o risco de transmissão de alguma infecção;
5. Os adaptadores são umidificados com uma solução para assegurar um melhor contato durante os testes. Recomenda-se portanto a utilização apenas de soluções salinas do tipo utilizada nas lentes de contato, que contenham conservantes e aditivos anti-bactericidas (como EDTA).
6. A exposição prolongada dos contatos a almofadas embebidas em água salgada ou nos sensores pode levar à formação de colônias de mofo ou populações microbianas. As almofadas de feltro podem ser limpas por imersão em solução de lixívia suave ou desinfetantes domésticos e lavagem abundante com água limpa antes de reidratação e uso continuado. Não usar almofadas que estejam claramente contaminadas.
7. A ICC utilizada possui uma armação de fixação dos sensores sobre o escalpo do crânio, recomenda-se não hiper-estender o arco principal ou os braços de apoio aos sensores. Embora os materiais sejam flexíveis e difíceis de quebrar, eles podem sofrer alguma deformação por alongamento anormal e assim deixar de aplicar a pressão adequada em todos os locais de contato dos sensores;
8. As emissões de rádio podem interferir com aparelhos médicos e outros equipamentos, incluindo os estimuladores cardíacos e as bombas de infusão utilizadas nos sistemas de dosimetria médica automatizada;
9. O uso da ICC deve ser interrompido caso se torne desconfortável para usar ou cause irritação na pele;

10. Os terminais utilizados nos sensores são peças pequenas e removíveis e, se manipulados inadequadamente, podem representar risco de asfixia, recomendando-se então mantê-los afastados de crianças pequenas.

Os sinais biométricos medidos são tratados para que todos os dados sejam processados e analisados com o objetivo de extrair informações relevantes para elaboração do protocolo semiótico. Os dois métodos principais de pré-processamento aplicados são a “Decimação” e a “Remoção de Picos e Distorções” com amplitudes consideradas fora da escala de análise. Ao se aplicar a Decimação pretende-se observar um conjunto de pontos com uma amostragem mais lenta, tornando assim a sua variação mais suave de forma a permitir uma interpretação mais coerente dos dados recolhidos, figura 5.13.

A aplicação do “Processo de Decimação” permite uma apresentação dos dados no tempo de maneira mais clara e perceptível. O segundo método, a remoção de picos causados por acontecimentos não controláveis durante as medições, determina um valor limite, baseado no valor médio da amplitude do sinal durante a totalidade da sessão e que não deverá ser ultrapassado. Este procedimento viabiliza a interpretação de determinados intervalos de tempo das sessões experimentais que, dadas as suas características de variação da amplitude excessiva, poderiam vir a ser descartadas. Visto que as causas inerentes a estas anomalias são de origem não controlada, como movimentos indesejados ou ruídos externos, a informação contida nestas mudanças abruptas de amplitude é nula e não corresponde às alterações biométricas registradas pelos dispositivos, figura 5.14.

Quando existe a utilização de múltiplas ferramentas ou métodos para estudos e medições faz-se necessário o uso de um terceiro procedimento, o da sincronização. Este procedimento tem como objetivo o alinhamento entre o início da captura dos dados biométricos e a apresentação dos estímulos ao sujeito. O próximo passo no sentido da classificação dos estados cognitivos e emocionais é o processamento dos

dados, e é realizado após as estratégias de pré-processamento descritas. Nesta seção incluem-se a aplicação das médias ponderadas e os gráficos por degraus. A política de descarte é um método usado e aplicado a todas as sessões experimentais no sentido de verificar se todos os requisitos de qualidade de captação e armazenamento dos dados foram cumpridos para assim se proceder à respectiva análise de uma forma correta. No que se refere à aplicação das médias ponderadas, esta técnica é uma extensão da Decimação, descrita anteriormente, e tem como objetivo principal evitar a perda de informação decorrente do próprio processo inerente à Decimação. Ao invés de ser removida uma amostra em intervalos regulares e de igual amplitude, a amostra a ser removida é comparada com a imediatamente a seguir e é calculada a média ponderada, substituindo assim as últimas amostras referidas.

Através da aplicação desta metodologia, conciliam-se os benefícios dos dois métodos isolados, por um lado a Decimação, que permite a redução do número de amostras e assim obter uma distribuição temporal das amostras mais homogênea e por outro lado as médias ponderadas evitam a perda de amostras. Os gráficos por degraus, apontam a ocorrência de níveis de sinais pré-estabelecidos onde se pretende identificar mudanças mais lentas na tendência de determinados parâmetros avaliados, normalmente de estados emocionais como ansiedade e excitação, figura 5.15. Os sinais tratados são então associados, em cada teste específico, com as intenções de movimento, com os estados emocionais e com as atividades cognitivas que vão formar os códigos primários do protocolo objeto deste trabalho.

5.5 Interface Homem-Máquina

Os princípios básicos da ética nas pesquisas que envolvam seres humanos consideram principalmente três pontos mais importantes; o respeito pelas pessoas, a beneficência e a justiça, conforme recomendação do “*Belmont Report*” [Eth79]. O respeito pelas pessoas garante que os indivíduos devem ser tratados como agentes

autônomos, ou seja, um indivíduo capaz de decidir a respeito de seus objetivos pessoais e atuar sobre suas decisões e ainda que pessoas com qualquer tipo de debilidade ou diminuição de autonomia devem ser automaticamente protegidas.

Relativamente à beneficência, qualquer pessoa envolvida numa pesquisa deve ser tratada de uma forma ética não só respeitando as suas decisões e protegendo-as do perigo, bem como garantindo o seu bem-estar. A justiça se refere essencialmente ao tratamento igualitário, o que significa que o conhecimento e os benefícios alcançados devem ser partilhados de forma justa e tendo sempre em conta o mérito das conquistas alcançadas. Com relação a este trabalho, a escolha de interfaces não invasivas resulta em que o risco inerente à utilização destes dispositivos biométricos ao longo da sessão experimental é praticamente nulo; ainda assim todos os procedimentos éticos foram cautelosamente providenciados. Desta forma procurou-se garantir que todas as considerações éticas referenciadas anteriormente foram preservadas além de que, nenhuma pessoa tivesse o seu bem estar ou integridade afetados durante o decorrer das sessões experimentais.

5.6 O Ambiente de Desenvolvimento

O ambiente de desenvolvimento será constituído principalmente por um emulador do dispositivo móvel com a plataforma “*Android*” que é executado utilizando-se os recursos disponíveis no “*ECLIPSE*” [ECL10], figura 5.16.

“*Eclipse*” é um ambiente de desenvolvimento de programação multi-linguagem composto, principalmente, pelo módulo IDE (*Integrated Development Environment*) e um sistema extensível com “*plug-in*’s”. É escrito principalmente em Java e pode ser usado para desenvolver aplicações naturalmente em Java e, por meio dos “*plug-in*’s”, também em outras línguas, incluindo “*C*”, “*C++*”, “*COBOL*”, “*Python*”, “*Perl*”, “*PHP*”, entre outros. A missão de uma “Plataforma de Ferramentas SOA” (*STP - SOA Tools Platform*) é a construção de ambientes e de modelos de ferramentas

que facilitem a concepção, configuração, montagem, implantação, monitoramento e gestão de um projeto de “*software*” em torno de uma “Arquitetura Orientada a Serviços” (*SOA - Service Oriented Architecture*).

O projeto é orientado por valores como transparência, extensibilidade, independência do fornecedor, colaboração, agilidade no desenvolvimento e inovação baseada em padrões. STP utiliza a especificação “*Service Component Architecture*” (SCA) como seu modelo. STP é um complemento natural para outros projetos do Eclipse, como o “*Web Tools Platform*” e “*Data Tools Platform*”, e reutiliza, conforme o caso, os componentes desses projetos.

Em adição ao ambiente “*Eclipse*” foi utilizada a plataforma “*Android*” para a formação do ambiente de codificação do protocolo ECOLIG, buscando utilizar ferramentas de mercado atuais e uma solução para dispositivos móveis cujo uso é cada vez maior entre comunidades de desenvolvedores, fabricantes de equipamentos e usuários. A plataforma “*Android*” é desenvolvida pela “*Open Handset Alliance*”, um grupo de 47 empresas de tecnologia, inclusive de celulares, que tem como objetivo acelerar as inovações em soluções móveis e oferecer aos usuários experiências mais sofisticadas, mais baratas e melhores, figura 5.17.

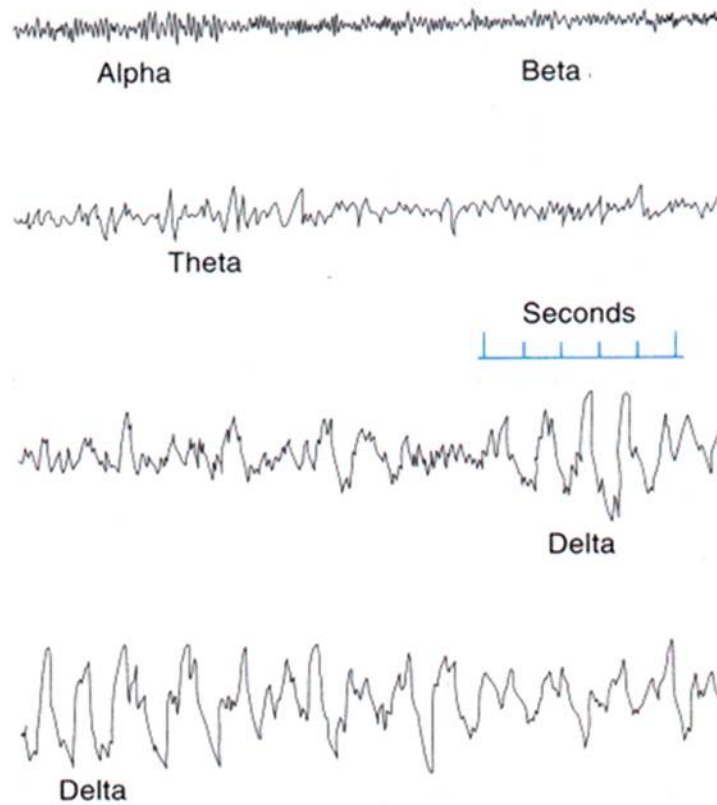
Os arquivos do SDK (*System Development Kit*) são armazenados na pasta nomeada “*Android-sdk-windows-1.6-r1*”. Nesta pasta serão configurados o “*plugin*” e as ferramentas do SDK. Em seguida adiciona-se o diretório *tools* do SDK ao *path* do sistema operacional. Isto possibilita executar o *Android Debug Bridge* (adb) e outras ferramentas de linha de comando sem precisar especificar o caminho completo para o diretório *tools*. A codificação do *EcoligMapView*, foi desenvolvida utilizando-se o sistema “*Windows*” da “*Microsoft*”, assim, define-se o ambiente de desenvolvimento através do item “Propriedades” no “Meu Computador”. Na aba “Avançado”, seleciona-se “Variáveis de Ambiente”, e na janela que aparece, através do *Path* em “Variáveis do Sistema”, adiciona-se o caminho completo para o diretório “*tools*”.

Ainda para o desenvolvimento desta aplicação com a plataforma “*Android*” no

“Eclipse”, foi necessário instalar o *plugin* “*Android Development Tools*” (ADT), que adiciona suporte integrado para projetos e ferramentas “*Android*” [Dev79]. Além do ADT foi utilizado uma versão de AVD (*Android Virtual Device*). O conceito de AVD foi criado para auxiliar no desenvolvimento de aplicações “*Android*”, para que o emulador possa simular exatamente uma configuração de um celular real. Desta forma é possível criar várias configurações de AVD para testar as aplicações. Como as aplicações desenvolvidas utilizam novos recursos, como o teclado virtual e os associados ao protocolo ECOLIG, foi necessário uma versão de AVD que suportasse APIs “*Google Maps*” dentre outros recursos.

Uma terceira componente deste ambiente de desenvolvimento se refere às API’s relacionadas à ICC (Interface Cérebro-Computador) escolhida. A utilização de uma interface que pudesse captar os sinais diretamente do cérebro se mostrou um requisito muito importante uma vez que, se desejava preservar a natureza eletro iônica da origem destes sinais, portanto sem as transduções intermediárias presentes nas interfaces utilizadas atualmente, como nos músculos, o teclado e o mouse, por exemplo. A interface escolhida foi a “EPOC” da “Emotiv”, devido a suas especificações técnicas, da disponibilidade e da simplicidade de utilização, figura 5.18.

Para que fosse utilizada no ambiente de desenvolvimento foi utilizado um conjunto de API’s que permitisse monitorar a qualidade dos contatos dos terminais além dos sinais específicos a serem verificados. Também foram utilizados programas de apoio fornecidos pelo fabricante como o “*Emotiv Control Panel*” na instalação e configuração do ambiente [EMO10]. O equipamento permite o monitoramento de 14 canais (além dos pontos de referência CMS/DRL, terminais P3/P4), a aquisição de sinais neurais e o processamento através de uma interface de comunicação sem fio. Os terminais de captação seguem o padrão internacional “10-20” de posicionamento: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4.



RÍTMOS DAS ONDAS CEREBRAIS

RITMO	DELTA	THETA	ALPHA	BETA
Componente em frequência	< 4 Hz	4 a 7 Hz	8 a 13 Hz	> 13 Hz
Amplitude	100 μ V	Criança:20μV Adulto:10 μ V	Bebê: 20 μ V Criança:75μV Adulto:50 μ V	10 a 20 μ V
Principal área do escalpo	Frontal	Temporal	Occipital Parietal	Frontal
Condição do Indivíduo	Sono profundo (adulto)	Sonolência	Repouso Olhos fechados	Repouso Olhos abertos

Fig. 5.11: Características de Algumas Ondas Cerebrais

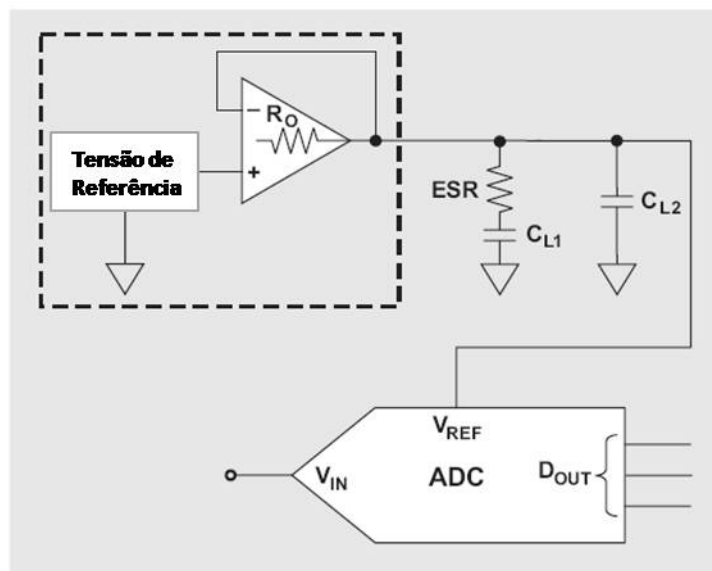


Fig. 5.12: Tensão de referência-Reg. de Aproximações Sucessivas-SAR/ADC

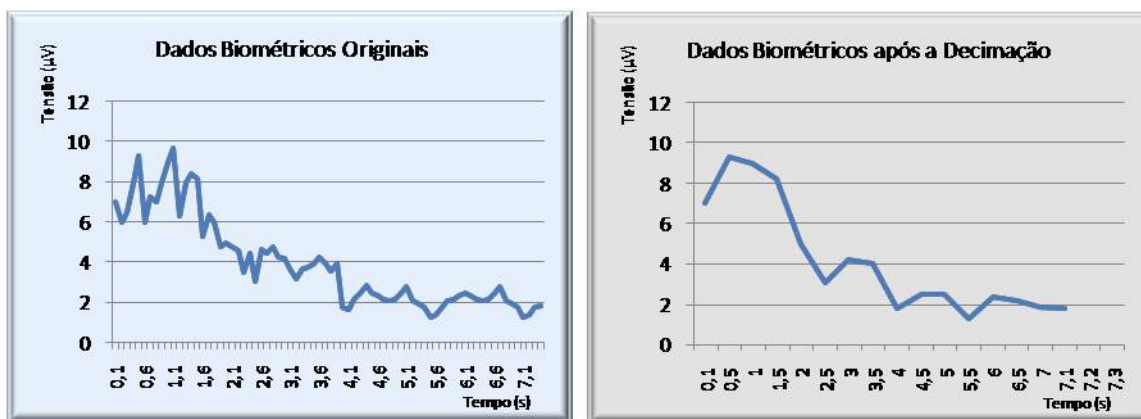


Fig. 5.13: Efeito da aplicação da Decimação

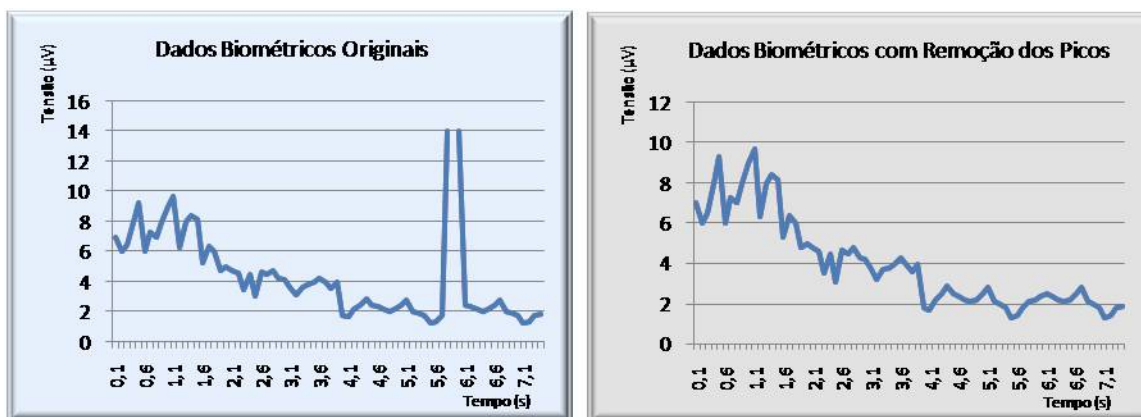


Fig. 5.14: Efeito da remoção de picos e distorções

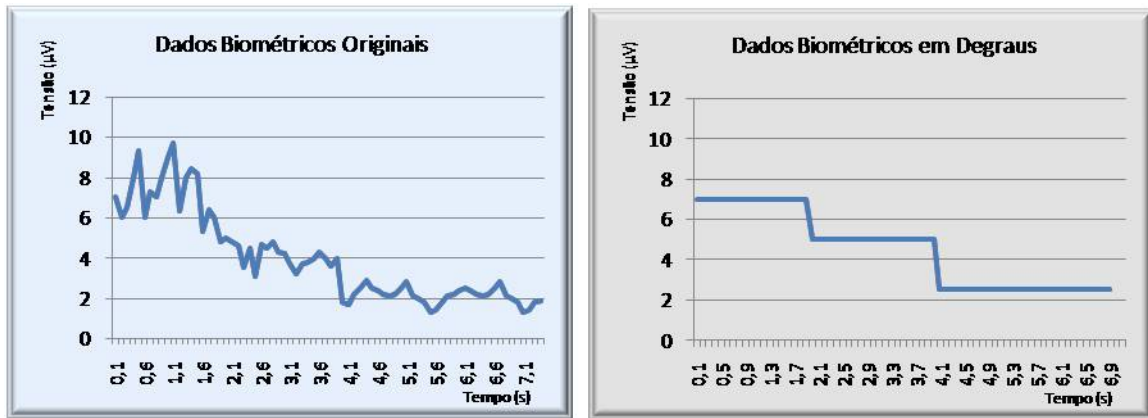


Fig. 5.15: Efeito da aplicação da aproximação por degraus

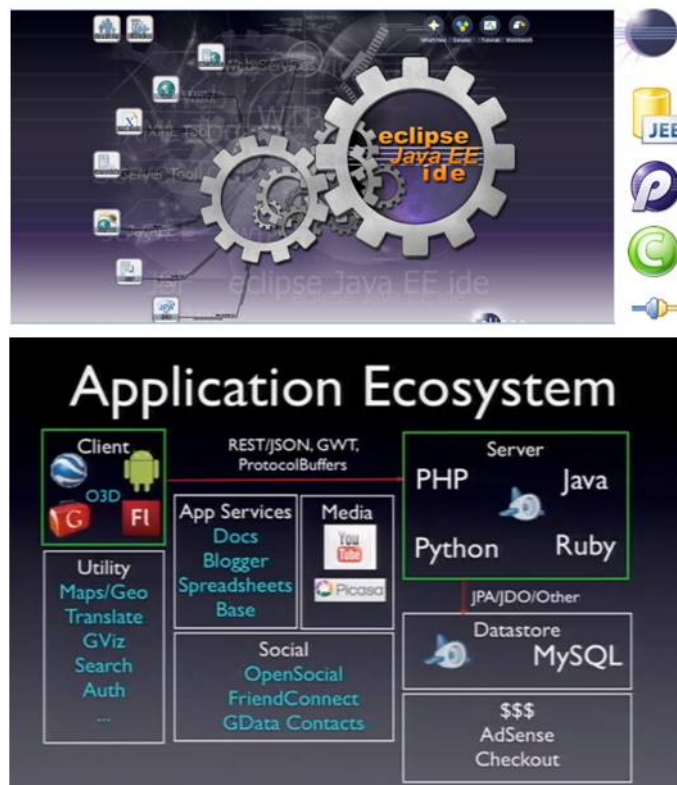


Fig. 5.16: Ambiente de Desenvolvimento



Fig. 5.17: Plataforma para Dispositivos Móveis



Fig. 5.18: Interface Cérebro Computador da EMOTIV

5.7 Estudo de Casos

Para que fosse possível estudar a utilização do protocolo e assim analisar sua aplicabilidade foram definidas atividades em três categorias:

1. Processo de Treinamento: Etapa em que foi desenvolvido um procedimento de aprendizagem para as primitivas do protocolo ECOLIG;
2. Navegabilidade geográfica em dispositivo móvel;
3. Usabilidade WEB.

5.7.1 Processo de Treinamento

Utilizando-se o ambiente de desenvolvimento e as estruturas conceituais, ambos descritos anteriormente, foi criado então um procedimento de treinamento para familiarizar os indivíduos com o protocolo, as interfaces de hardware e o software que serão utilizadas nos casos a serem estudados a seguir. Nesta fase os indivíduos submetidos a sessões de preparação e adaptação, devem ser capazes de utilizar adequadamente a ICC (Interface Cérebro-Computador) e repetir comandos que são enviados ao computador através de uma interface de comunicação sem fio e tratados pelo protocolo ECOLIG. Finalmente verifica-se a eficácia do procedimento de treinamento utilizado além das metas de usabilidade e operabilidade de dispositivos móveis utilizando-se o protocolo ECOLIG. O procedimento utilizado buscou garantir a segurança física e psicológica das pessoas envolvidas, além de tentar garantir o mínimo de concentração necessária para que se obtivessem resultados mensuráveis, estruturados e que pudessem ser reproduzidos com precisão sob condições conhecidas e controladas. A escolha e preparação das pessoas, a adaptação do ambiente de treinamento e testes e a correta instalação e fixação dos equipamentos foram também importantes já que não se tratam de procedimentos usuais para aquelas pessoas.

Como introdução cabe lembrar que o instinto humano e sua maneira de sentir, perceber, pensar e agir o leva a desviar a atenção para qualquer fato ocorrido ao alcance dos sentidos. Como consequência a atividade cerebral, principal ponto de convergência destas ocorrências, é constantemente interrompida ou perturbada por eventos externos e, dependendo do nível de importância e prioridade, receberá um tratamento rápido ou não, o que dificulta a capacidade de concentração quando se pretende utilizar sinais cerebrais para supervisão, controle e comunicação. Este fato, apesar de inerente aos dispositivos atualmente utilizados, é igualmente importante ao se dirigir um carro ou ao se executar procedimentos de alto risco utilizando-se a solução ECOLIG-ICC. O que se pretende com este treinamento é explorar a capacidade de volição e torná-la capaz de sustentar um nível de concentração até que se alcance a automação do uso do protocolo a ser assimilado, como ocorre ao se aprender a conduzir uma bicicleta, dirigir um carro ou tocar um violão. A volição é o processo cognitivo pelo qual um indivíduo se decide a praticar uma ação em particular. É definida como um esforço deliberado e é uma das principais funções psicológicas humanas (sendo as outras afeto, motivação e cognição). Processos volitivos podem ser aplicados conscientemente e podem ser automatizados como hábitos no decorrer do tempo. As concepções mais modernas de volição expressam-na como um processo de controle da ação que torna-se automatizada:

volição imanente: é um estado em que se determina uma escolha,

volição emanente, executiva ou imperativa: é quando se coloca em prática qualquer ato de escolha em particular;

volição predominante: é quando uma escolha imanente ou determinada controla ou governa uma série de atos voluntários;

volição subordinada: é aquele ato de vontade que coloca em prática o objeto desejado pela volição predominante ou governante.

Neste processo de aprendizagem é comum observar que um indivíduo necessite ultrapassar o limiar existente entre a motivação e a volição para que consiga assimilar uma habilidade e automatizar sua execução como se inata fosse [Gab00].

Para os casos a serem estudados neste capítulo serão utilizados dois tipos de sinais captados através da ICC, os ditos Cognitivos e os de Expressão:

Cognitivos Estes sinais podem ser configurados e ajustados a partir de diferentes atividades cerebrais. Portanto podem ser associados a uma imagem, um pensamento ou um estímulo, por exemplo. Sua característica principal é a flexibilidade de associação, o que lhe confere um caráter muito pessoal já que é possível associar um código à imaginação de um cenário específico, por exemplo. Desta forma os códigos associados a sinais cognitivos apresentam uma curva de aprendizagem mais rápida e uma maior precisão de comando, não sendo facilmente confundidos com outras atividades cerebrais, o problema inverso do EEG, conforme descrito anteriormente (Estrutura do Protocolo). Além disso, podem evoluir com o treinamento, a medida que o usuário se familiarize com a interface, aumente seu poder de concentração e alcance os benefícios da assimilação de um conhecimento específico. Destaca-se no entanto a individualidade deste tipo de sinal já que, a assinatura elétrica produzida por uma imagem, um pensamento, um odor, um sentimento, por exemplo, são muito pessoais e podem estar relacionados com diferentes signos do protocolo ECOLIG.

Expressão Diferentemente dos sinais cognitivos, os de expressão, em geral, utilizam uma assinatura elétrica padrão média dos seres humanos. Alguns procedimentos podem ser executados de modo a minimizar a ocorrência de interpretações indevidas, mais comum na identificação deste tipo de sinal, como alguns ajustes na interface e até mesmo uma configuração pessoal. Esta configuração é um tipo de treinamento inicial específico para aquele sinal, um tipo de ajuste fino para a assinatura elétrica universal. Estas imprecisões ocorrem também

devido ao problema inverso do EEG, já que seu padrão elétrico é mais facilmente confundido com outras atividades cerebrais. Os sinais de expressão se referem a comandos de movimentos musculares, normalmente da face, e sofrem muitas interferências de ruídos provenientes das regiões vizinhas quando ocorre o movimento muscular; também é resultado da falta de concentração/controlado das pessoas, já que são atividades com movimentos quase automáticos, como piscar os olhos, sorrir, mexer a sobrancelha ou ranger os dentes por exemplo. O ideal seria conseguir captar a intenção destes movimentos e obter um controle muito preciso destes sinais, o que pode ser conseguido com um período de treinamento mais longo e com equipamentos mais sensíveis e seletivos. A principal vantagem destes sinais é possibilitar uma assinatura elétrica universal onde os sinais emanados da atividade cerebral seja semelhante de uma pessoa para outra.

Procedimento

- Todos os participantes foram consultados antes de cada teste quanto a sua integridade física, seu bem estar e sua disposição em participar das sessões. Além disso, todos os participantes das sessões experimentais foram voluntários e previamente convidados para a realização das mesmas. A estes foi entregue um documento, o texto “Procedimentos dos Testes” (modelo anexo), onde são descritos de forma sumária os procedimentos e ações a serem desenvolvidos durante a sessão experimental. Juntamente com os procedimentos foi também entregue o “Questionário de Seleção” (modelo anexo) que visa selecionar os participantes com base em critérios específicos para o presente estudo. Durante as sessões experimentais foi pedido aos participantes para comandarem mentalmente ou executarem os movimentos, de acordo com o teste, visando a captação dos dados biométricos, estas instruções também haviam sido informadas antes do início de cada sessão. No final, foram colocadas questões, algumas

das quais com o objetivo de saber a opinião dos participantes quanto à sessão na sua globalidade, o espaço físico, a temperatura ambiente, a preparação de toda a sessão e o próprio conteúdo multimídia apresentado. As questões finais foram colocadas com o propósito de garantir o conforto do participante e a sua opinião sobre toda a sessão experimental e os procedimentos associados. Todas as respostas obtidas foram consolidadas e apresentadas como conclusões deste trabalho.

- Devido às limitações de recursos, optou-se por orientar os treinamentos sob condições especiais, ou seja, não foram feitos treinamentos de campo, onde a realidade adversa do ambiente urbano, por exemplo, poderia apresentar respostas e até reações cognitivas diferentes entre as pessoas. Portanto, foi conveniente que o ambiente fosse silencioso e livre de perturbações que pudessem prejudicar a concentração das pessoas submetidas aos treinamentos;
- Foi mantido o mesmo ambiente de treinamento, o mesmo horário e as demais condições durante todos os dias de um mesmo tipo de treinamento;
- Os equipamentos utilizados foram um microcomputador, uma interface do tipo ICC e seus acessórios de manutenção e instalação; também foram utilizados artefatos destinados a motivar a concentração e associação dos comandos a serem assimilados;
- Os terminais da interface utilizada requerem uma preparação visando melhorar a captação de sinais e maior conforto para o usuário. Os contatos metálicos são acoplados a peças almofadadas de polietileno expandido que são umedecidas com soro fisiológico. Estas almofadas devem ser mantidas hidratadas até o final dos procedimentos. Após vários testes concluiu-se que, quando completamente secas, estas almofadas precisam receber pelo menos 12 gotas de soro. Porém, se já se encontram semi umedecidas, bastam 8 gotas para se obter um contato

bom para uma sessão de até 2 horas de treinamento, em média;

- A interface sem fio proporciona maior flexibilidade e liberdade de movimentos aos usuários, no entanto a tecnologia utilizada requer que sua bateria seja recarregada a cada duas horas de utilização, aproximadamente;
- Os participantes foram submetidos a uma fase de configuração, onde:
 - foi explicado a cada participante os princípios de funcionamento de cada equipamento envolvido no treinamento;
 - receberam instruções de como utilizar os equipamentos;
 - com esta fase de configuração cada pessoa tem a oportunidade de adaptar a interface a seus níveis de sinais emitidos pelo córtex, à morfologia da caixa craniana, às condutâncias do seu couro cabeludo e principalmente às suas assinaturas elétricas que serão associadas aos códigos do protocolo ECOLIG;
 - ao final da fase de configuração foi gerado um arquivo no computador com o perfil de cada pessoa. Este perfil é carregado antes de cada sessão de treinamento de modo que o sistema ajusta automaticamente a sensibilidade e os outros parâmetros ao perfil de cada pessoa;
- Três pessoas foram submetidas aos treinamentos, sendo que foram executados 2 períodos por dia, um pela manhã e outro a tarde, com duração de 30 minutos cada um, para cada pessoa;
- Os períodos foram repetidos durante 10 dias subsequentes;
- Os períodos diários de treinamento foram interrompidos por intervalos de pelo menos 6 horas de recarga da bateria da interface;

- O procedimento referente a cada treinamento foi executado 30 vezes em 15 minutos, portanto um a cada meio minuto. Assim a pessoa tentava executar a operação de acordo com o tipo de treinamento durante 15 segundos e descansava outros 15 segundos para então repetir a tentativa;
- O número de acertos foi registrado a cada dia para cada participante e colocado em uma planilha que deu origem aos gráficos apresentados a seguir;
- Os comandos interpretados de maneira involuntária também foram apontados pela pessoa em treinamento e registrados por um observador;
- Para análise de comportamento e conformidade com o protocolo ECOLIG foram treinados quatro tipos de sinais Cognitivos e quatro de Expressão que serão associados a quatro primitivas do protocolo;

O treinamento inicial foi feito com o sinal cognitivo associado à primitiva de Movimento na categoria humanista do protocolo ECOLIG. Sua componente vetorial foi associada ao deslocamento que comanda um movimento para frente, com intensidade livre, não determinada em direção ao fundo da tela do computador. Foi sugerido às pessoas submetidas ao treinamento que utilizassem a intenção do movimento como atividade geradora desta assinatura elétrica; no entanto, como a natureza do sinal é cognitiva, as pessoas tiveram a liberdade de criar sua assinatura elétrica, proveniente de uma atividade cerebral de sua escolha, que seria então associada a este comando na fase de configuração e posteriormente identificada na fase de treinamento pelo sistema, figura 5.19.

A falta de concentração e familiaridade com estes novos dispositivos dificultou o início dos procedimentos mas, pode-se observar um comportamento semelhante da curva de aprendizagem para as três pessoas. A intenção de executar um movimento para a esquerda é uma atividade que se executa diariamente de maneira automática, os neurônios, os nervos e os músculos comandam este movimento da estrutura óssea

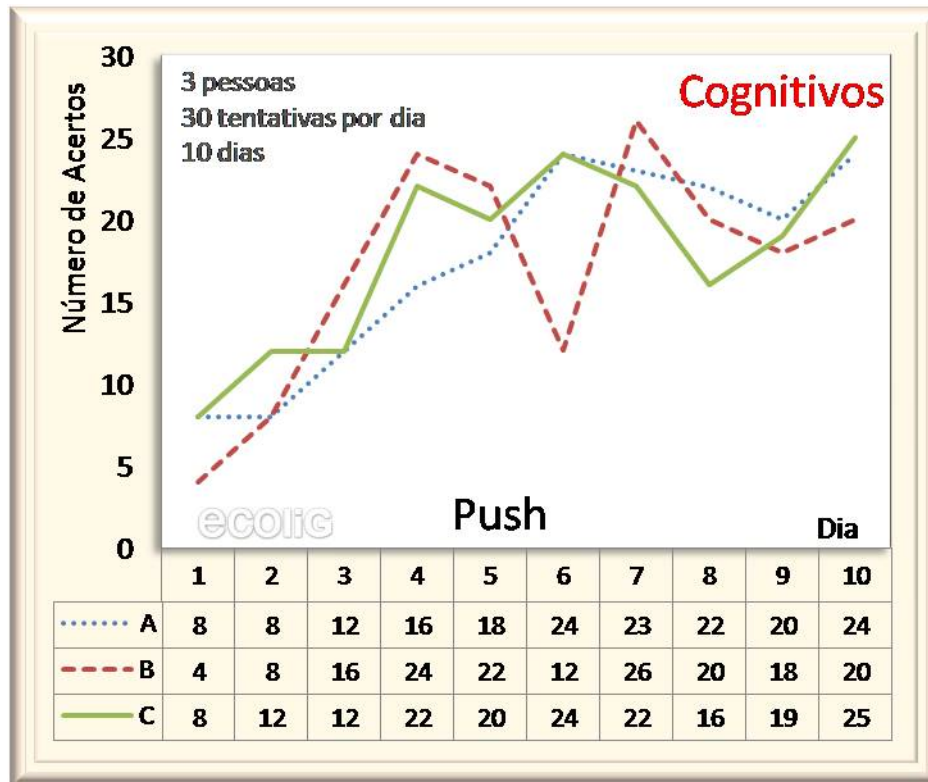


Fig. 5.19: Treinamento Cognitivo - Movimento p/ Frente

promovendo o deslocamento solicitado de uma maneira tão precisa e tão rápida que parece simples. É interessante comparar a reaprendizagem desta habilidade com um aprendizado já assimilado pela mesma pessoa há muitos anos e que, se encontra automatizado em alguma parte da inteligência humana. A diferença é que se pretende utilizar o comando e não o acionamento efetivo, e em outro sistema, algo nunca ou poucas vezes tentado antes por estas pessoas.

Um comando semelhante é objeto do treinamento realizado com outro sinal de expressão, figura 5.20. Neste caso o sinal foi também associado à primitiva de Movimento, ainda na categoria humanista do protocolo ECOLIG e com a mesma componente vetorial, associada ao deslocamento para a esquerda e também com intensidade livre. Pode-se observar que a curva de aprendizagem foi mais lenta e que o número de equívocos, comandos validados pelo sistema porém sem a intenção da pessoa, é maior que no aprendizado com sinais cognitivos.

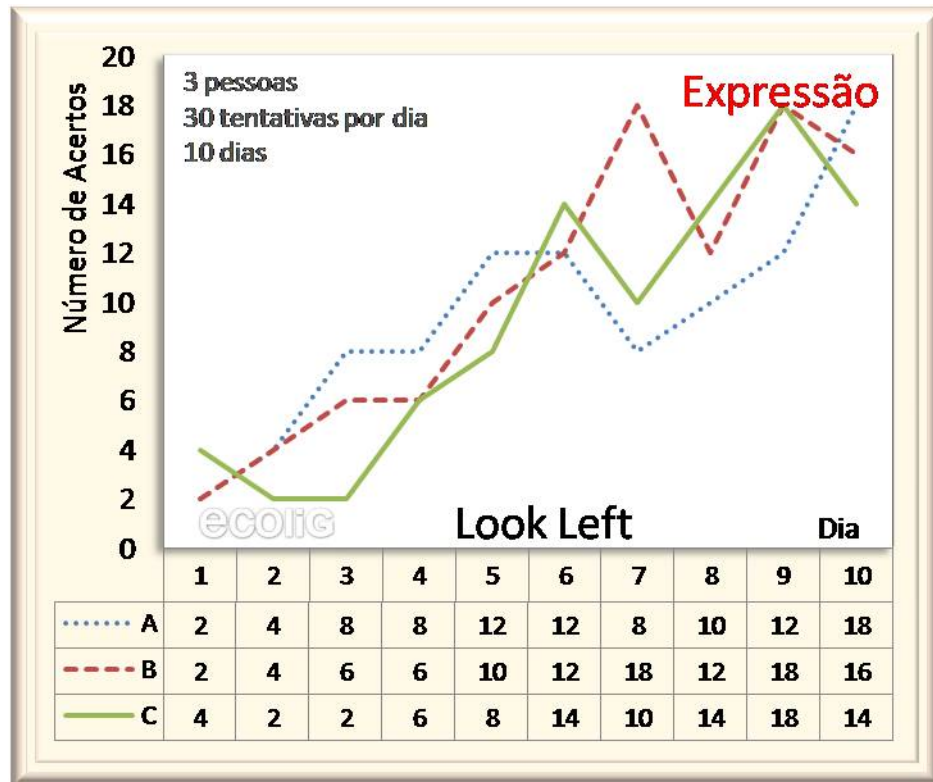


Fig. 5.20: Treinamento de Expressão - Olhos p/ a Esquerda

A repetição sistemática de comandos de Movimento através de sinais cognitivos e de expressão se alternaram em dois períodos durante os dez dias de treinamento, figuras 5.21 e 5.22. Ao se observar os resultados é possível verificar uma coerência com os períodos de treinamento já observados.

Os algoritmos para captação dos sinais cognitivos e de expressão, a serem associados com os signos do protocolo ECOLIG, foram implementados utilizando-se as primitivas de acesso à ICC conforme documentação do fabricante da interface.

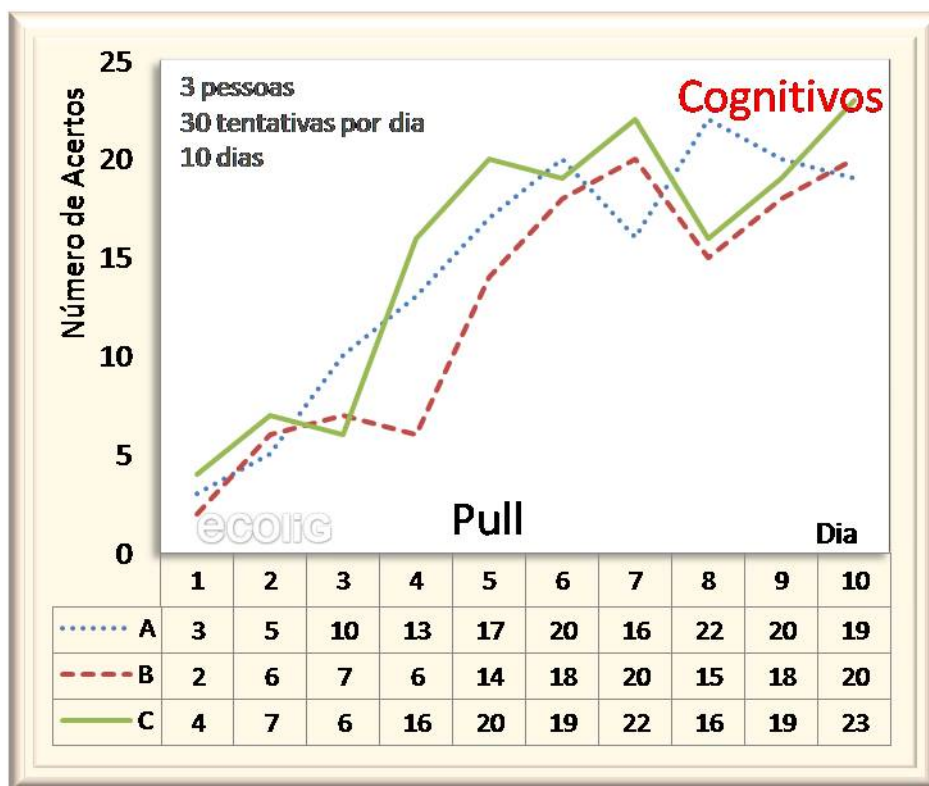


Fig. 5.21: Treinamento Cognitivo - Movimento p/ Trás

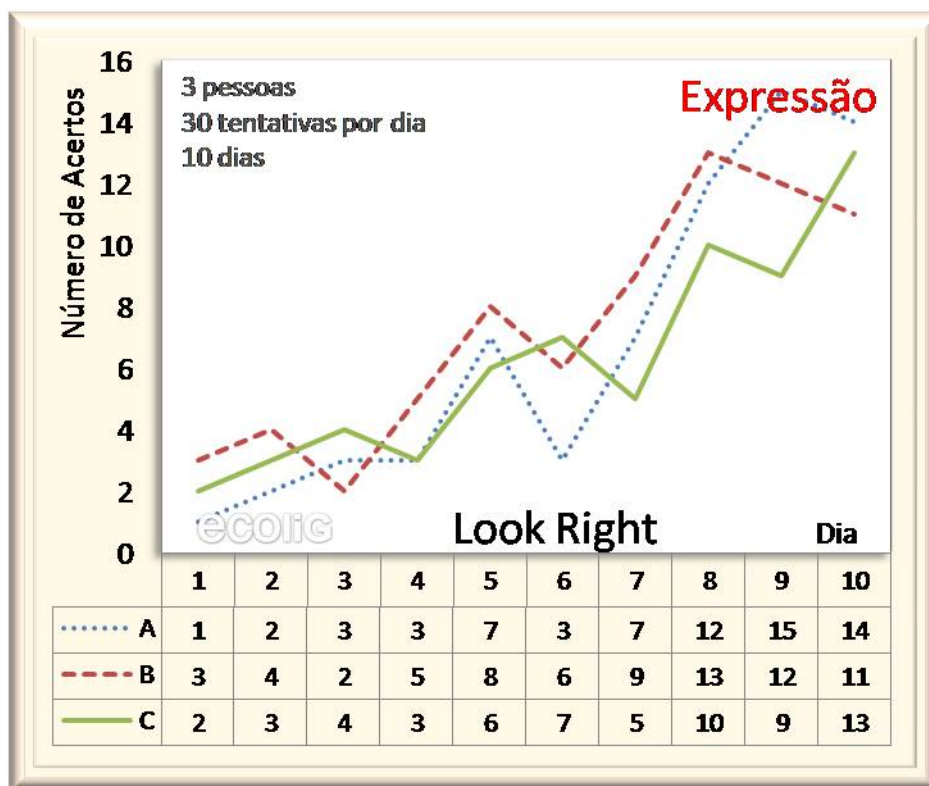


Fig. 5.22: Treinamento de Expressão - Olhos p/ a Direita

Signos Cognitivos

Inicialmente, foram implementadas as rotinas de treinamento para os signos cognitivos escolhidos para verificar as proposições desta tese. Os signos escolhidos foram de “Movimento para a Frente ou Profundidade” (*Push*) e “Movimento para Trás ou Recuo” (*Pull*). Estes movimentos serão associados às funções de “Zoom in” e “Zoom out” na navegação através do dispositivo emulado.

O desenvolvimento dos códigos para treinamento do protocolo e identificação dos signos no modo operacional utilizou a rotina “Main” e outras três principais que descreveremos a seguir:

Main declara o ambiente e as demais rotinas, inclui as bibliotecas de acesso à interface, gerência a console de interação com o usuário, identifica eventos advindos da interface cérebro-computador, algoritmo 3;

sendCognitivAnimation sinaliza o tipo de ocorrência de eventos cognitivos, quantifica sua intensidade, comunica à console e aciona o seu tratamento, algoritmo 4 (Anexos);

handleCognitivEvent trata os eventos cognitivos de treinamento, interagindo com o usuário através da console de operação, algoritmo 5 (Anexos);

handleUserInput recebe e trata os comandos da console digitados pelo usuário, algoritmo 6 (Anexos).

As rotinas que tratam a interface consideram basicamente três tipos de eventos:

- Eventos relacionados com conexão e desconexão da interface;
- Novos sinais captados pela interface, relacionados com mudanças de estado nas atividades cerebrais da pessoa sob teste. Estes sinais são recebidos através da rotina “EventGetEmoState” e sinalizados através de “StateUpdated”.

- Eventos relacionados com treinamento e configuração através de “CognitivEvent”.

O algoritmo principal atribui o local de rede onde será montado o ambiente de treinamento, neste caso, a própria máquina hospedeira do ambiente Eclipse de desenvolvimento. Um identificador de evento “*EventHandle*” e um “*Buffer*” são criados. O programa consulta então a interface para verificar se houve alguma ocorrência. Se o resultado for um “*StateUpdated*”, então há uma nova informação a ser tratada. A função “*EventGetEmoState*” copiará as informações para o “*Buffer*” alocado. A rotina “*GetNextEvent*” irá retornar “*NO_EVENT*” se nenhum novo evento ocorreu desde a última chamada. O programa também pode receber códigos de erro para tratar potenciais problemas que são relatados pela interface. Em seguida verifica se a interface está desconectada; caso contrário identifica as portas de comunicação utilizadas e o “*socket*” para envio de mensagens destinadas à console de interação com o usuário. Trata os comandos digitados pelo usuário bem como os novos eventos gerados a partir da interface quando a variável de estado é atualizada; caso contrário sinaliza uma situação de erro e finaliza a interface. Os principais procedimentos tratados se referem ao treinamento e posterior identificação de sinais cognitivos específicos. Utiliza-se a biblioteca de rotinas fornecidas pelo fabricante, conforme descrito a seguir, para associar assinaturas elétricas com um conjunto de códigos pré-definidos. Posteriormente, estas assinaturas e códigos serão identificados pela interface, para associação com os signos do protocolo ECOLIG através das aplicações.

- NEUTRAL, estado neutro;
- PUSH, movimento de empurrar;
- PULL, movimento de puxar;
- LIFT, levantar;
- DROP, deixar cair;

- LEFT, movimento para a esquerda;
- RIGHT, movimento para a direita;
- ROTATE_LEFT, rotacionar para a esquerda;
- ROTATE_RIGHT, rotacionar para a direita;
- ROTATE_CLOCKWISE, movimento circular no sentido do relógio;
- ROTATE_COUNTER_CLOCKWISE, circular no sentido inverso do relógio;
- ROTATE_FORWARDS, movimento de translação para a frente;
- ROTATE_REVERSE, movimento de translação reversa;
- DISAPPEAR, desaparecer.

Signos de Expressão

Nesta fase foram implementadas as rotinas de treinamento para os signos de expressão. Para efeito da proposta desta tese foram codificadas as expressões “Olhos para a Esquerda” (*Look Left*) e “Olhos para a Direita” (*Look Right*).

Os sinais de expressão captados pela interface utilizada são divididos em três categorias:

Face superior: relacionada com as ações “Sobrancelhas Levantadas” e “Sobrancelhas Franzidas”;

Olhos: relacionada com os movimentos dos olhos como “Piscar”, “Piscar Esquerda”, “Piscar Direita”, “Olhos para a Esquerda”, “Olhos para a Direita”

Face inferior: relacionada com as ações “Sorrir”, “Movimento Inferior da Face Esquerda”, “Movimento Inferior da Face Direita”, “Ranger os Dentes”, “Gargalhada”

Na categoria “Olhos” os signos desejados foram gerados a partir dos sinais captados pelas API’s “ExpressivIsLookingRight” e “ExpressivIsLookingLeft”. Cada expressão será traduzida em seu respectivo signo no protocolo ECOLIG sendo que o caracter “L” corresponde a ação de movimento dos olhos para a esquerda e a letra “R” ao movimento dos olhos para a direita.

Os signos escolhidos, associados aos movimentos oculares para a esquerda e para a direita, não permitem treinamento de configuração. Portanto, a estrutura de software que implementa os signos de expressão, é muito semelhante à anteriormente apresentada para os códigos cognitivos. O desenvolvimento se restringe à identificação dos signos e seu tratamento que utilizou a rotina “Main” e outras três principais que descreveremos a seguir:

Main como na codificação dos signos cognitivos, declara o ambiente e as demais rotinas, inclui as bibliotecas de acesso à interface, gerencia a console de interação

com o usuário, identifica eventos advindos da interface cérebro-computador, algoritmo 7 (Anexos);

sendExpressiveAnimation sinaliza o tipo de ocorrência de eventos de expressão, determina sua intensidade, comunica à console e aciona o seu tratamento, algoritmo 8 (Anexos). Trata as expressões faciais segundo os seguintes códigos e intensidade, se for o caso:

Blink, código B, sem intensidade;

Wink left, código l, sem intensidade;

Wink right, código r, sem intensidade;

Look left, código L, sem intensidade;

Look right, código R, sem intensidade;

Eyebrow, código b, intensidade inteiro de 0 a 100;

Smile, código S, intensidade inteiro de 0 a 100;

Clench, código G, intensidade inteiro de 0 a 100.

handleExpressiveEvent trata os eventos cognitivos de treinamento, interagindo com o usuário através da console de operação, algoritmo 9 (Anexos);

handleUserInput recebe e trata os comandos da console digitados pelo usuário, algoritmo 10 (Anexos).

5.7.2 Navegabilidade em dispositivo móvel

A mobilidade é uma característica cada vez mais presente nos dispositivos eletrônicos, uma realidade que mobiliza fabricantes, desenvolvedores e consumidores em busca da interoperabilidade e da portabilidade para se evitar a redundância de esforços e assegurar a usabilidade, redução de custos e a sustentabilidade. Uma das

iniciativas bem sucedida, neste sentido, é a plataforma aberta “*Android*” iniciada pela GoogleTM e posteriormente conduzida pelo “OHA” (Open Handset Alliance).

Com a utilização do protocolo ECOLIG e de uma ICC (Interface Cérebro-Computador) pode-se demonstrar os benefícios de uma nova forma de interação também com os equipamentos móveis. Com este experimento propõe-se comprovar que as funcionalidades do dispositivo móvel podem ser controladas utilizando-se a ICC e o protocolo ECOLIG; além de determinar o tempo médio de treinamento para utilização da solução ICC-ECOLIG, pretende-se também verificar a Usabilidade, as melhorias e as deficiências da solução, identificando ainda novas aplicações em dispositivos móveis que possam utilizar a solução ICC-ECOLIG. A principal contribuição desta etapa se refere à codificação de programas que tratam os comandos ECOLIG recebidos da ICC e executam as funcionalidades na plataforma “Android”. Assim os indivíduos submetidos a sessões de preparação e adaptação, devem ser capazes de utilizar adequadamente a ICC e repetir comandos do protocolo ECOLIG que são enviados ao computador através da interface de comunicação, onde um simulador do “Android” recebe e trata estes comandos sem a utilização de outros recursos de controle/atua-dores como as mãos e a voz humana, por exemplo.

Uma das facilidades do “*Android*” é o seu acesso nativo à infra-estrutura do “*Google Maps*”. O “*Android LocationManager*”, permite determinar uma latitude e longitude como funcionalidades nativas ao sistema. O uso de “APIs” (Application Program Interfaces) pode facilitar o desenvolvimento de aplicações sobre uma plataforma como a de desenvolvimento do “*Android*”; neste caso o uso da “*Google Maps API*” foi fundamental para que fosse possível explorar alguns recursos já implementados de posicionamento e navegação, apesar de que nem todas as funcionalidades de “*GPS e Tower-based location system*” estivessem disponíveis [Ope10].

Na codificação do “*EcoligMapView*”, foi desenvolvido um aplicativo que a partir

do posicionamento do dispositivo móvel, através do módulo “GPS”, iniciou-se um objeto “MapActivity” no centro da tela com as coordenadas daquele local, e então utilizou-se um “*overlay*” para desenhar uma máscara sobre ela. Os serviços baseados em localização com o “*Android*” permitem que os desenvolvedores especifiquem qual o método de pesquisa de localização será utilizado. Isso permitiu adequar o consumo de energia, o custo de operação e a precisão à proposta dos testes com um sistema de navegação que utilizou uma interface cérebro-computador e o protocolo ECOLIG. Já que a finalidade deste experimento era avaliar a capacidade de navegar, utilizando-se o protocolo ECOLIG em substituição à interface convencional que opera um dispositivo móvel, foi fornecida uma localização inicial ao emulador e posteriormente foi utilizado um manipulador do objeto “*LocationManager*”, como objeto de alto nível para se determinar a localização do dispositivo móvel. O “*LocationManager*” pode usar qualquer número de objetos “*LocationProvider*” para fazer a pesquisa GPS (ou *tower-based*).

Programação

A codificação no ambiente “*Android*” através do “*Eclipse*” utiliza uma estrutura multilinguagem de modo a se extrair as principais vantagens na elaboração de interfaces como as GUI (*Graphic User Interface*), dos procedimentos de acesso à Internet e outros de interação com dispositivos locais, por exemplo, tudo em um mesmo ambiente de desenvolvimento, figura 5.23.

Nesta implementação, os principais arquivos e pastas que codificam as principais funcionalidades do emulador, figura 5.24, na plataforma “*Android*”, são descritos a seguir:

MapActivity.java: Codificação em JAVA que lança a atividade principal do projeto;

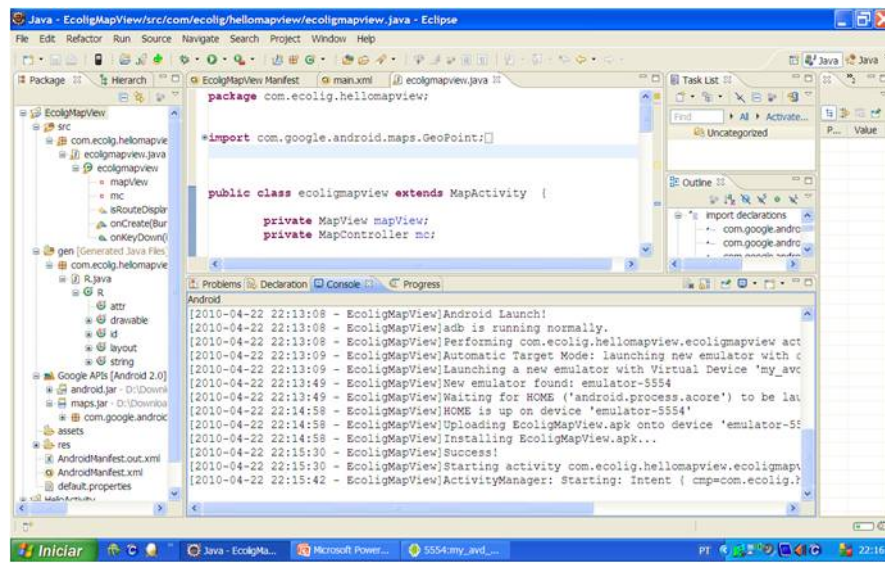


Fig. 5.23: Tela do Eclipse, Ambiente de Desenvolvimento Integrado

R.java: Arquivo contendo a identificação e as declarações JAVA;

Android Library/: Pasta contendo os arquivos “*Android SDK*”;

assets/: Módulos multimídia e outros;

res/: Diretório base com recursos utilizados pelas UI (*Unit Interfaces*);

res/drawable: Diretório de Imagens utilizados no nível de UI (*Unit Interfaces*);

res/layout: Arquivos “XML” que determinam o “*layout*” de apresentação do projeto;

res/values: Localização de sentenças e arquivos de configuração;

AndroidManifest.xml: Arquivo que descreve o “EcoligMapView” para o sistema operacional.

Serão descritas a seguir as principais rotinas implementadas para que seja possível entender o funcionamento do Sistema Operacional Android, sua relação com o ambiente de desenvolvimento Eclipse e o emulador de um modelo de dispositivo móvel que suporte a implementação de alguns signos do protocolo ECOLIG com as



Fig. 5.24: Tela principal do Emulador de Dispositivo Móvel

bibliotecas do Google Maps e outras funcionalidades inerentes a este tipo de dispositivo, figura 5.25.

O “AndroidManifest.xml”, algoritmo 11 (Anexos), é escrito em “XML” pois é um módulo do tipo descritivo onde são definidos os nomes do projeto, as principais bibliotecas e é também onde são solicitadas as permissões de acesso aos principais recursos do sistema “*Android*”. Portanto definiu-se o nome do “*PACKAGE*” como “*ECOLIG.hellomapview*” que vai executar os signos ECOLIG sobre a plataforma “*Android*”, figura 5.26.

Como ícone de acesso à aplicação implementada foi utilizado o símbolo da tela principal do ECOLIG e o nome deste arquivo é declarado também neste módulo do programa; a partir deste será evocada a aplicação dentro do emulador que será executado sobre da plataforma “*Android*”, figura 5.27. Aqui também é declarado o nome da aplicação (*EcoligMapView*) e sinaliza que será utilizada a biblioteca “*Google Maps*”.

A partir da “atividade” principal “*ecoligmapview*”, utiliza-se as frases definidas



Fig. 5.25: Tela do Emulador com Android e Google Maps

em “MAIN” e “LAUNCHER” para comunicar ao “*Android*” o que deve ser executado assim que a aplicação for iniciada, figura 5.28.

Declara as permissões que serão utilizadas para acesso à Internet, aos mapas remotos da “*Google*” e também define a necessidade de um emulador de dispositivos móveis “versão 5” ou superior para que seja possível executar as funções de rede, do Google Maps e do protocolo ECOLIG.

Um dos módulos escrito em linguagem “Java” é o “R.java” que não será detalhado aqui, mas é onde se encontram os números de referência para os recursos gráficos, figura 5.29. A cada nova figura ou animação adicionada na pasta “res/drawable” resulta em um identificador correspondente na classe “R.java”. As referências podem então ser feitas através destas identificações, em vez dos arquivos de imagem. Isso permite que sejam manipulados com maior facilidade quanto a localização, tamanho da tela, e outros que podem ocorrer com uma eventual mudança de dispositivo. A rotina “Main” do “package” EcoligMapView declara a orientação e as dimensões das telas utilizadas nas aplicação, mas principalmente a possibilidade do usuário



Fig. 5.26: Package Ecolig.hellomapview executado sobre Android

interagir com a aplicação através do mouse, que neste caso será associado aos signos de movimento do protocolo ECOLIG de “Zoom in” e “Zoom out”, figura 5.30.

Estes signos foram implementados inicialmente através do acionamento mental do teclado virtual do emulador e posteriormente através do comando mental gerando os códigos de navegação associados às respectivas operações de “Zoom” da interface “Google Maps”. Além disso, este módulo também fornece a chave de acesso exclusiva do ECOLIG (“0TYI-FzEtsBsR8fCOTDfbyFGnwsbrUE_q0uWfcA”) às APIs do “Google Maps”. Esta chave foi previamente fornecida através de um procedimento definido pela “Google” para desenvolvedores.

Finalmente o código Java “ecoligmapview”, que representa uma instância de “MapActivity”, utiliza as primitivas de navegação do módulo “MapController” para executar os signos de movimento com os recursos de posicionamento geográfico do “Google Maps”. Utiliza uma estrutura de camadas que amarrada a uma grade se sobrepõe um mapa com um determinado nível de aproximação e precisão. A aplicação é iniciada nas coordenadas (“-22.821184”, “-47.066394”), figura 5.31, que se refere ao prédio da



Fig. 5.27: Ícone de seleção da aplicação EcoligMapView

Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas. Também foi definido o passo de profundidade de 10 vezes, ou seja, a cada comando de “Zoom” avança-se ou recua-se 10 vezes na escala de dimensão da imagem aérea, figura 5.32. Os signos de avanço ou recuo estão associados às teclas 3 e 1 respectivamente. Estas teclas foram acionadas mentalmente através de um apontador e do teclado virtual, e posteriormente através da associação do comando mental direto associados aos códigos de comando desejados.

A principal característica deste tipo de protocolo é que, ao contrário de um protocolo de comunicação convencional, suas primitivas podem evoluir em um processo cognitivo através da maturidade dos signos por ela utilizados. A navegação geográfica demonstrada anteriormente pela solução ECOLIG-ICC-ANDROID, evoluiu em vários ciclos de utilização do protocolo e pode continuar se desenvolvendo com a maturidade proporcionada pela aprendizagem adquirida. A medida que o(s) sistema(s) inteligente(s) interagem com o ambiente os signos do protocolo ganham outros significados, promovendo-os a interpretações mais sofisticadas como, por exemplo, na navegação ECOLIG-ICC-ANDROID, onde alguns ciclos verificados foram:



Fig. 5.28: Emulador executando a atividade principal do EcoligMapView

1. Primeiro Ciclo: Nesta fase os signos foram utilizados para, através de um apontador e um teclado virtual, selecionarem ações a serem executadas sobre o ambiente. Foram utilizadas interfaces gráficas e visuais, associadas a acionamentos de teclas e apontadores para que se pudesse transmitir um nível de informação ou comando. Estes procedimentos, associados ao protocolo ECOLIG, podem ser considerados de baixo nível já que são interpretados como padrões secundários não associados ao objetivo principal da ação sobre o ambiente.
2. Segundo Ciclo: Neste ciclo os signos do protocolo são interpretados como ações a serem executadas diretamente sobre o ambiente, assim as primitivas de deslocamento espacial por exemplo, as mesmas utilizadas anteriormente, agiram sobre o ambiente mais rapidamente, sem a necessidade dos dispositivos apontadores e teclados. Desta forma, o sistema inteligente (usuário) navegou sobre o mapa segundo seus instintos naturais de posicionamento e direção até chegar a um destino específico, outro local. Ainda que, mais rápido, mais eficaz e utilizando muito menos recursos e energia, o processo pode receber melhorias,

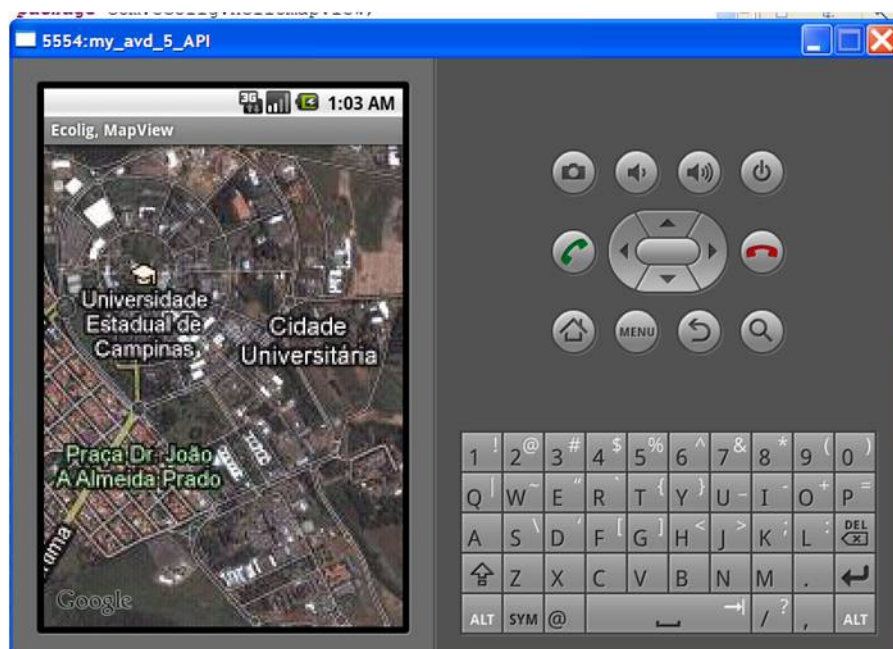


Fig. 5.29: Tela do emulador com recursos gráficos

rebaixando alguns itens principais a secundários e até eliminando alguns itens secundários, dependendo do objetivo da ação desejada.

3. Terceiro Ciclo: No processo semiótico contínuo, onde ocorre o amadurecimento do signo do protocolo ECOLIG, pode-se questionar a relevância do tratamento de algumas informações manipuladas pelo usuário como, por exemplo, os deslocamentos através de caminhos que utilizam coordenadas geográficas, mapas sofisticados e sistemas de direção tridimensional em relação ao satélite observador. Se o objetivo da ação sobre o ambiente (Tela do Android) é se alcançar o prédio da FEEC na UNICAMP, esta informação deveria ser suficiente mas, para que isso fosse padronizado e essa informação pudesse ser tratada e até transmitida a outros sistemas inteligentes, foi necessário que se transformassem em dados que pudessem ser reconhecidos por processadores numéricos e que pudessem ser “digitados” ou “apontados”. Novamente observa-se aqui uma codificação atrelada a interfaces “manipuladas”. Interpretar os signos associados à imagem da FEEC pode ser o resultado de um novo ciclo semiótico do

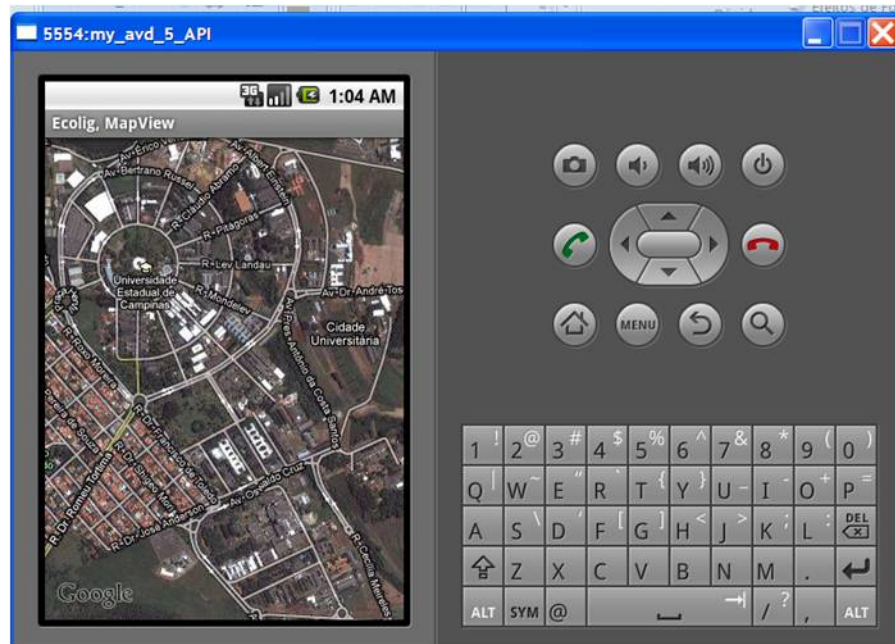


Fig. 5.30: Operação de “Zoom In” através do protocolo ECOLIG

protocolo ECOLIG. O uso de coordenadas, seu posicionamento em relação ao observador e outras informações não estão diretamente associados ao objetivo principal da ação sobre o ambiente (Tela do Android), neste caso. Estes ciclos podem se suceder até que se alcance um nível de maturidade satisfatório na interpretação dos signos do protocolo ECOLIG, segundo os objetivos da ação sobre o ambiente.

5.7.3 Usabilidade WEB

Novas interfaces precisam ser desenvolvidas para que se possa extrair a melhor funcionalidade de um protocolo orientado a signos, principalmente associado a interfaces do tipo cérebro-computador. Isso porque há de se privilegiar o conteúdo à forma, há de se buscar a essência semiótica do signo e não sua interpretação em uma etapa do seu desenvolvimento. Um exemplo deste fato pode ser observado em um sistema de telefonia. O objetivo é poder transmitir e receber uma informação, portanto o número telefônico, a tecnologia utilizada para localizar o destino, para

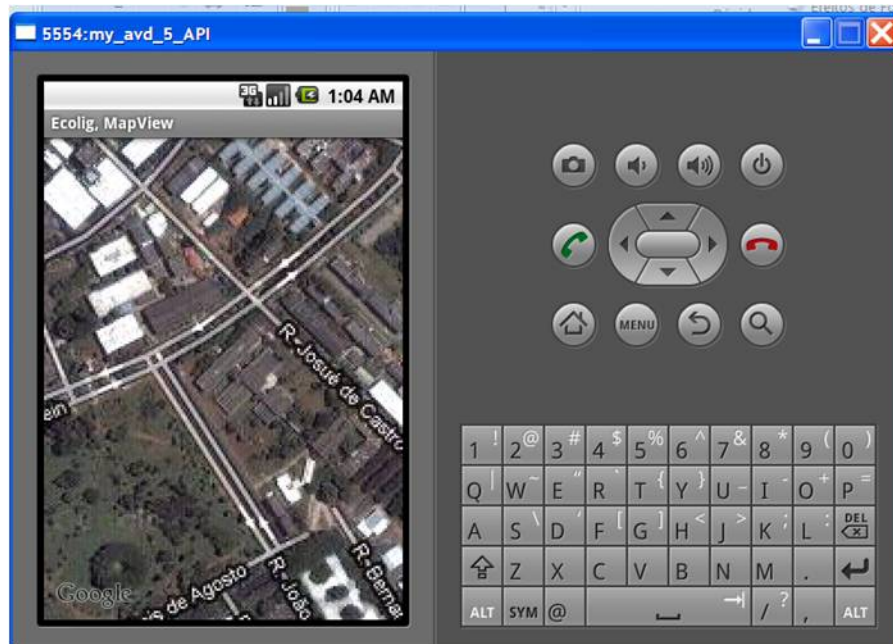


Fig. 5.31: Coordenadas iniciadas no prédio da FEEC-UNICAMP

codificar, transmitir e decodificar, as transduções e seus ajustes, como o volume do som, por exemplo, são todos processos intermediários que demandam muita energia, complexidade, tempo e introduzem outros problemas não desejados e fora do contexto, em princípio. O próprio texto ou a linguagem sonora introduzem a necessidade de que se conheça o seu código de formação para que se consiga registrá-las, transmiti-las e decifrá-las. Isto parece simples e óbvio, mas tem sido utilizado há anos. Além disso, novas tecnologias têm sido desenvolvidas sobre estes paradigmas, onde muito investimento tem sido feito para que se consiga utilizá-las em sua forma original. No entanto, novas formas de endereçamento, de tratamento da informação e de comunicação, podem ser obtidas utilizando-se signos. Em busca do nível semiótico mais elevado de um signo, uma instância intermediária já pode trazer uma contribuição muito grande. No processo de se comunicar através do telefone, recuperar o número do destino, discar e estabelecer a ligação podem ser procedimentos sujeitos a melhorias. Uma agenda eletrônica em um dispositivo “VOIP” (Voice Over Internet Protocol), por exemplo, pode pular todas estas etapas, simplesmente selecionando-se com o mouse o ícone ou a imagem relacionada com a pessoa que se deseja falar. Neste



Fig. 5.32: Avanço de 10 vezes na escala de aproximação

procedimento é comum as pessoas acabarem esquecendo os números dos telefones, já que não são mais utilizados, ao menos não como uma informação principal, mas sim como uma informação secundária. A contribuição aqui proposta é utilizar o protocolo ECOLIG como uma ferramenta sistemática para eliminar ou automatizar toda informação dita secundária e reduzir o quanto possível toda informação principal à condição de secundária. Em seguida, repete-se o processo até que ele esteja refinado a ponto de se alcançar um estado de mínimo consumo de energia e dos demais recursos. Este procedimento é possível de ser implementado utilizando-se sistemas inteligentes, portanto capazes de aprender sempre, e uma interface que utilize um protocolo semiótico, que é a ferramenta para o aprendizado contínuo.

Na figura 5.33, pode se verificar ícones de acesso a funcionalidades ligadas à sensação musical. Através deles pode-se invocar um álbum de músicas, as músicas de um artista, de uma lista preferencial ou ainda de uma pré-seleção armazenada. Mas se fosse evocada a sensação musical diretamente a partir de uma assinatura mental, um padrão elétrico captado por interfaces do tipo ICC, por exemplo, seria possível eliminar ou automatizar os procedimentos mencionados, restando apenas o principal,

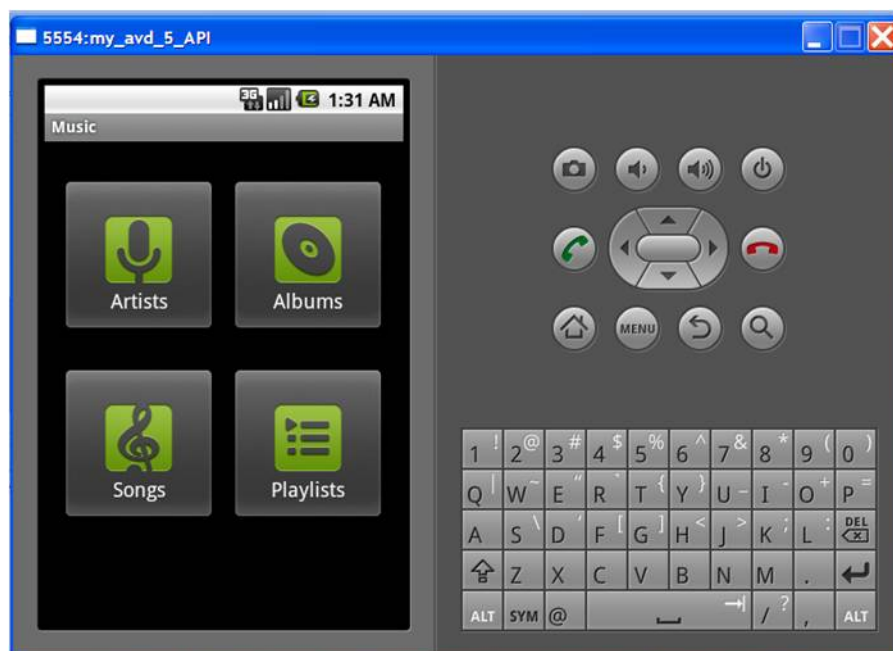


Fig. 5.33: Ícones de acesso à funcionalidades musicais

que são as sensações e as emoções. O protocolo ECOLIG fornece a base desta codificação em um processo de aprendizagem, onde o reconhecimento de padrões passa a ser uma das ferramentas principais. Na figura 5.34, pode-se observar outro exemplo de implementação feita ainda sobre um emulador utilizando-se a plataforma Android. Neste caso, utiliza-se um navegador que é acionado através de signos do protocolo ECOLIG que, agindo sobre os dispositivos gráficos convencionais, permitem uma navegação sem que seja necessário o toque no teclado ou mesmo na tela do dispositivo móvel, figura 5.34.

Uma funcionalidade do sistema utilizado permite que endereços armazenados anteriormente sejam utilizados como sugestão para facilitar a navegação, figura 5.35. Este recurso já oferece, em muitos casos, um conforto para a navegação através da digitação, uma melhor usabilidade deste tipo de interface. Um recurso semelhante é oferecido na digitação de mensagens do tipo SMS (*Short Message Service*), por exemplo, onde um dicionário pode ser utilizado para minimizar a quantidade de teclas digitadas ao se preparar uma mensagem a ser enviada a um destino no celular.



Fig. 5.34: Navegando com o uso do protocolo ECOLIG

No entanto, ao se utilizar a sequência semiótica pode-se automatizar estas ações através de sinais elétricos. Uma assinatura elétrica captada pela ICC pode ser associada a um signo que busca a página desejada, sem a necessidade de que seja digitada uma letra sequer. Seria quase como ler o pensamento ou a intenção do operador do dispositivo móvel, figura 5.36.

O foco está no objetivo final da operação e na possibilidade de se reduzir ações à categoria secundária, podendo assim serem eliminadas ou automatizadas. O protocolo ECOLIG é essencial neste processo semiótico, pois permite que os significados sejam redefinidos como acontece em uma meta-interpretação. Ao se observar uma pintura, por exemplo, este processo acontece em ciclos de observação e redefinição até que se alcance um nível de maturidade satisfatório na mente do interpretante.

Na codificação através do protocolo ECOLIG isto pode ser feito pela redefinição do significado através de uma metalinguagem. Na prática, é como se fosse selecionada a mesma palavra em um texto “HTML”, mas que agora leva o navegador a outro endereço eletrônico, porque seu “link” foi modificado, figura 5.37. Apesar de



Fig. 5.35: Navegador sugere páginas previamente utilizadas

semelhante a uma metalinguagem, o poder de acionar novos procedimentos, rotinas e até mesmo outros sistemas confere à solução ECOLIG-ICC um poder muito maior.

Não é coincidência o fato deste procedimento ter grande semelhança com o método proposto por Walter Andrew Shewhart nos anos 30, o PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), figura 5.38, e posteriormente desenvolvido por Willian Edwards Deming com muito sucesso, o PDSA (*Plan, Do, Study, Act*) [Moe09]. Em resumo, este procedimentos buscam responder, de maneira estruturada, figura 5.38, há três perguntas fundamentais para a melhoria de um processo:

1. O que se pretende realizar?
2. Como se sabe que uma mudança é uma melhoria?
3. Que mudanças podem ser feitas que resultam em uma melhoria?

No que se refere à solução ECOLIG-ICC, a evolução quanto à usabilidade ou mesmo quanto às inovações introduzidas visando melhorar a eficácia dos processos, pode ser comprometida devido a características decorrentes do estágio atual de de-

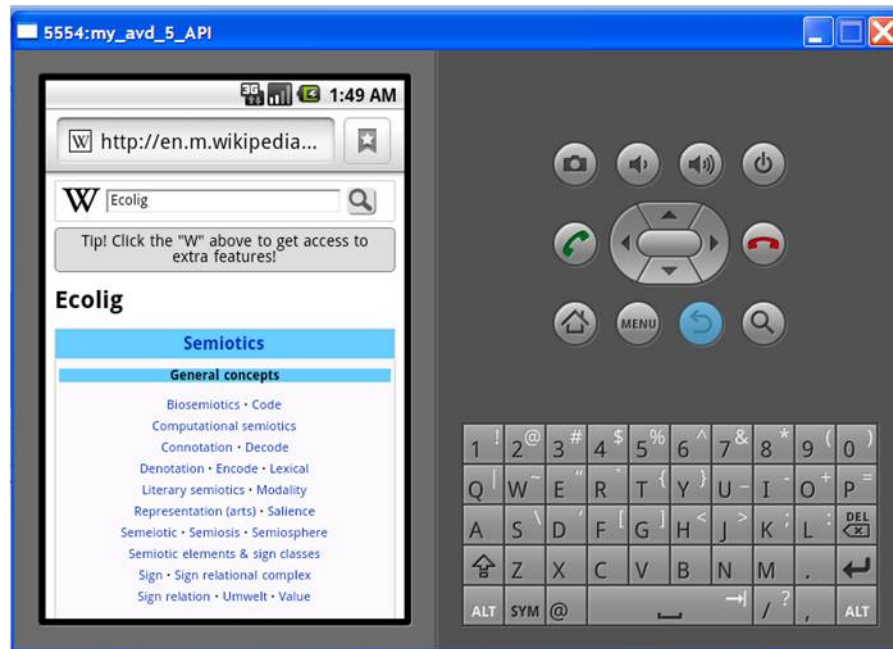


Fig. 5.36: Página desejada pelo operador

envolvimento destas tecnologias. Deve ser reconhecido que muitos avanços foram feitos, que o nível de desenvolvimento atual é muito melhor do que há alguns anos atrás, porém, para que seja possível incorporar estas inovações ao “Umwelt” dos seres humanos, há de se aprimorar consideravelmente alguns aspectos fisiológicos e até mesmo eletrônicos visando oferecer maior conforto e facilitando a aceitação destas novas tendências. Outro item a ser considerado é a faixa de frequência dos sinais monitorados pela interface. Neste caso, foram considerados sinais de baixa frequência que, apesar de serem mais fáceis de serem captados nesta região, são mais sujeitos a ruídos e falsa detecção. A captação de sinais de alta frequência poderia proporcionar a aquisição de sinais mais seletivos. Dentre estes pontos mais importantes a serem modificados pode-se destacar:

- autonomia das baterias;
- facilidade de “vestir”;
- processo de instalação;

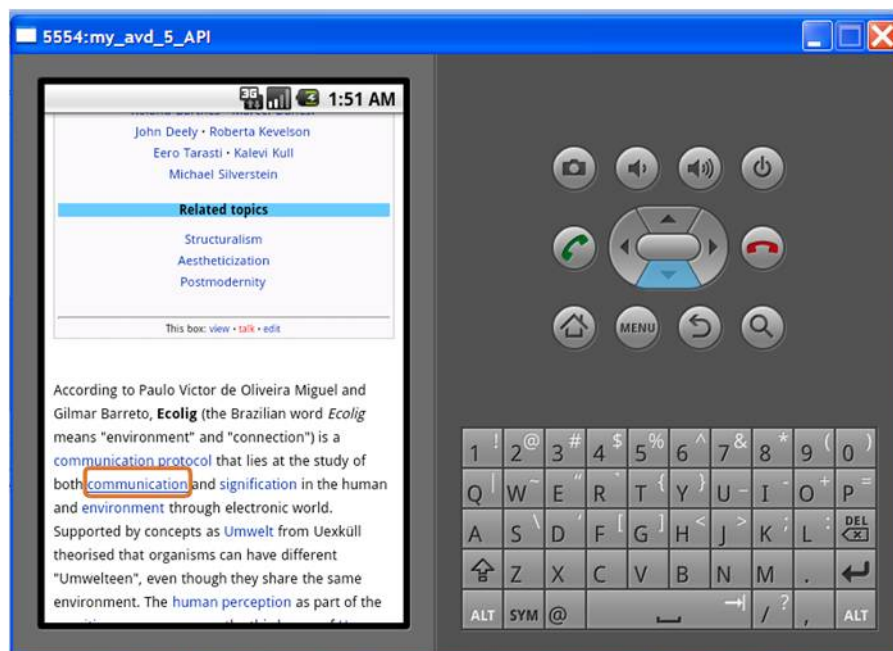


Fig. 5.37: O conceito dinâmico de uma metalinguagem

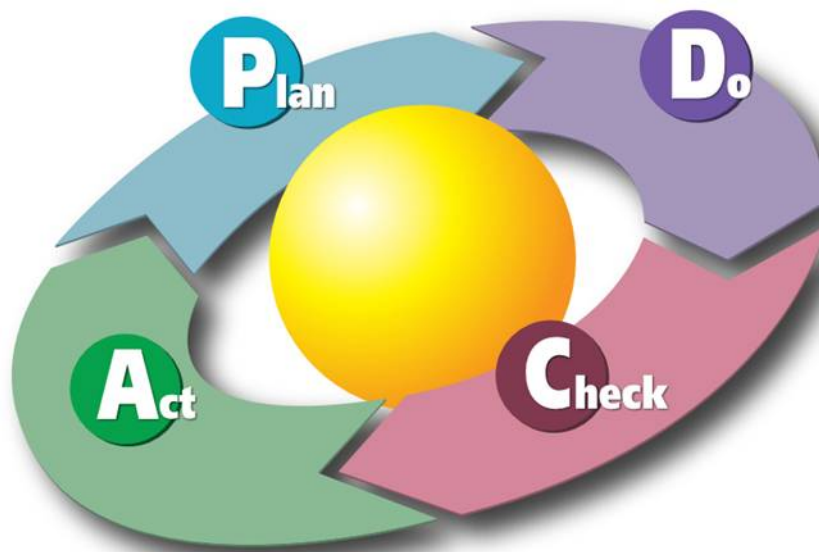


Fig. 5.38: Método PDCA para melhoria de processos



Fig. 5.39: Monitores miniaturizados e utilizados mais próximos do corpo

- mobilidade;
- sistema de conexão física e lógica (*single sign on*);
- padronização e o conseqüente reconhecimento pelos diversos dispositivos eletrônicos;
- ergonomia;
- os circuitos, sua complexidade, sensibilidade, seletividade e miniaturização;
- a frequência dos sinais monitorados.

Ainda assim, o estado atual de desenvolvimento pode proporcionar uma melhoria de qualidade considerável na relação homem-máquina. Permite ainda que sejam executados testes de adequação, validação e de aderência a padrões existentes ou até mesmo a outros a serem propostos. Com a proposta de novos conceitos, novas ferramentas e novos comportamentos a Tecnologia da Informação proporciona também novos recursos que devem ser incorporados ao cotidiano dos seres humanos, como aconteceu com diversas outras inovações.

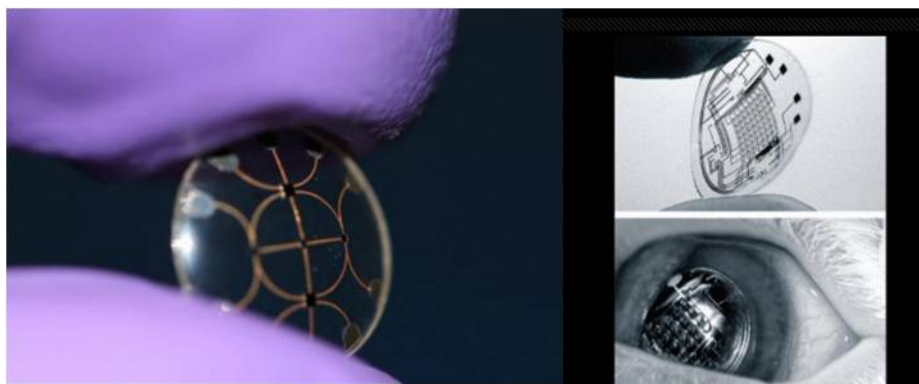


Fig. 5.40: Lentes nano-eletrônicas que fornecem e recebem informações

Uma alternativa para utilização da solução ECOLIG-ICC é com dispositivos do tipo NTE (*Near to Eye*) como base para o desenvolvimento de uma nova geração de computadores e sistemas inteligentes para o trabalho, educação e entretenimento figura 5.39.

Além disso, o desenvolvimento de novos sistemas de visão, como as lentes eletrônicas que utilizam a micro e nano-eletrônica, por exemplo, figura 5.40, demandam interfaces como a ECOLIG-ICC para permitir uma interação mais eficaz. A miniaturização neste caso alcança vários benefícios, como as reduções na densidade de componentes eletroeletrônicos, no consumo de energia, no lixo eletrônico e favorecendo na melhoria da portabilidade. A tecnologia conhecida como visão ampliada ou “*Augmented Vision*”, figura 5.41, expande não somente o recurso visual, mas inclui e disponibiliza um acervo enorme de dados alcançados e apresentados através da Tecnologia da Informação.

Mais uma vez, a solução ECOLIG-ICC pode oferecer uma boa alternativa para que se consiga interagir com estas novas tecnologias “embarcadas”. Além da miniaturização, outra área em que um protocolo semiótico associado a uma interface do tipo cérebro-computador pode atuar com muitos benefícios é a dos navegadores em tempo real ou “*Reality Browser*”. Estes navegadores são sensíveis ao meio observado pelo operador, figura 5.42, fornecendo informações estratégicas relativas a itens do ambiente. Ao se visitar um museu, por exemplo, estes navegadores instalados em um



Fig. 5.41: Visão ampliada, também quanto à informação seletiva

dispositivo móvel fornecem informações relativas às obras de arte quando se aponta a câmera para elas. A solução ECOLIG-ICC pode selecionar objetos em um ambiente através das primitivas de deslocamento ou mesmo através de códigos cognitivos associados a uma biblioteca de signos. Outra aplicação poderia ser o fornecimento de informações sobre um determinado voo, se está atrasado ou não, simplesmente ao se apontar a câmera do celular para a passagem aérea, onde seja possível encontrar as identificações da aeronave; um tipo de associação de tais informações a signos da biblioteca semiótica. Em um mapa no navegador pode-se receber informações daquela região, estas informações podem evoluir em um processo semiótico interagindo com o navegador através do protocolo ECOLIG fornecendo, por exemplo, detalhes de imóveis para alugar, ou quais os restaurantes e outros serviços ali localizados, ainda com outras informações mais associadas ao seu perfil, como quais fornecem comida italiana, por exemplo, se esta é sua preferência.

A aplicação da solução ECOLIG-ICC em pacientes com restrições físicas ou psicológicas é outro desenvolvimento promissor. Em vários centros de pesquisa no Brasil e no exterior diversos projetos têm conseguido sucesso utilizando-se interfaces com eletrodos invasivos que, em contato com o córtex cerebral, permitem que pacientes controlem dispositivos eletromecânicos [Mil10]. Estes procedimentos constataram a plasticidade da mente, que rapidamente assimila os comandos sobre estes disposi-



Fig. 5.42: Um navegador em tempo real com suporte à informação seletiva

tivos eletromecânicos. Como trabalho a ser desenvolvido, a utilização do protocolo ECOLIG pode oferecer uma forma estruturada para que estes treinamentos sejam executados e que interfaces padronizadas sejam desenvolvidas de forma a incluir as pessoas com diferentes tipos de restrições, além de reduzir o tempo entre a pesquisa e a comercialização destes novos recursos. A utilização de um padrão pode ainda facilitar a portabilidade dos desenvolvimentos e promover uma maior colaboração nas pesquisas, reduzindo a redundância de esforços e com isso reduzindo custos também neste setor.

5.8 Conclusão deste capítulo

Neste capítulo descreveu-se o protocolo semiótico ECOLIG. A partir de seus elementos básicos e do conceito semiótico proposto por Charles Sanders Peirce, foi apresentada uma estrutura de códigos que associam sinais cognitivos e de expressão a informações em processo de amadurecimento, o que caracteriza um estágio de um conhecimento específico. Também foram utilizados casos de uso que necessitaram da criação de um procedimento de treinamento que possibilitaram a obtenção dos resultados dos testes aplicados a indivíduos submetidos a situações práticas de utilização do protocolo ECOLIG com Interfaces do tipo Cérebro-Computador. A partir da definição, descrição, apresentação e aplicação do protocolo ECOLIG foram apre-

sentados os casos de navegabilidade e usabilidade buscando a melhoria na interação entre o homem e os sistemas eletroeletrônicos. Foram identificadas melhorias a serem desenvolvidas nas interfaces do tipo ICC, para que se alcance melhores resultados com o uso do protocolo ECOLIG. Também foram apresentadas possibilidades para a miniaturização e redução no consumo de energia, da complexidade dos circuitos e do impacto ambiental dos dispositivos eletroeletrônicos com a utilização da solução ECOLIG-ICC. Foram demonstrados ainda os possíveis benefícios com o uso da solução ECOLIG-ICC, também por pessoas com restrições de acessibilidade. A aplicabilidade da solução ECOLIG-ICC em sistemas embarcados, móveis, de navegação WEB e colaborativos foram verificadas utilizando-se um emulador de um dispositivo móvel operando sobre a plataforma “*Android*” da “OHA”. Foi proposto também a utilização da solução ECOLIG-ICC com dispositivos do tipo NTE (*Near to Eye*), utilizando tecnologias de visão ampliada (*Augmented Vision*), como base para o desenvolvimento de uma nova geração de computadores e aplicações para o trabalho, medicina, esportes, educação e entretenimento.

No próximo capítulo serão apresentadas as conclusões deste trabalho, com os resultados consolidados, as vantagens verificadas, as considerações técnicas, as restrições encontradas e eventuais modificações a serem efetuadas nas tecnologias desenvolvidas.

Principais Contribuições da Tese

1. Definição, descrição e aplicação de um protocolo semiótico para utilização com interfaces do tipo cérebro-computador, para melhoria na interação entre o homem e os sistemas eletroeletrônicos;

2. Outras contribuições:

Criação de um procedimento de treinamento que facilite a assimilação da interpretação dos signos associados ao protocolo ECOLIG através de uma interface do tipo ICC (Cérebro-Computador);

Identificação de melhorias a serem desenvolvidas nas interfaces do tipo ICC, para que se alcance melhores resultados com o uso do protocolo ECOLIG;

Considerações quanto aos benefícios para a miniaturização, redução no consumo de energia, da complexidade dos circuitos e do impacto ambiental dos dispositivos eletroeletrônicos com a utilização da solução ECOLIG-ICC;

Considerações quanto aos possíveis benefícios com o uso da solução ECOLIG-ICC também por pessoas com restrições de acessibilidade;

Aplicabilidade da solução ECOLIG-ICC em sistemas embarcados, móveis, de navegação WEB e colaborativos;

Apresentação de uma alternativa para utilização da solução ECOLIG-ICC com dispositivos do tipo NTE (*Near to Eye*), utilizando tecnologias de visão ampliada (*Augmented Vision*), como base para o desenvolvimento de uma nova geração de computadores e aplicações para o trabalho, medicina, esportes, educação e entretenimento.

Capítulo 6

CONCLUSÕES

O planejamento e a metodologia propostos para o trabalho alcançaram as metas estipuladas inicialmente. O protocolo foi validado e aplicado a uma simulação de um dispositivo móvel codificado sobre a plataforma Android em um ambiente de desenvolvimento que utiliza uma arquitetura orientada a serviços. A seguir serão relatados os principais resultados obtidos como conclusão desta pesquisa:

- Em um projeto onde a assimilação de uma ferramenta pelo sistema cognitivo humano é o principal elemento, aumentar o número de pessoas na fase de treinamento pode sugerir novas tendências e metodologias para um controle mais eficaz das ferramentas do tipo ICC. Além disso, novos adaptadores podem ser desenvolvidos buscando-se uma melhor ergonomia e melhorando a usabilidade destes dispositivos.
- A adoção de interfaces do tipo ICC, não invasivas, foi uma boa alternativa para a utilização do protocolo ECOLIG. A estética, a autonomia, a segurança, a usabilidade e a confiabilidade das informações são fatores críticos para ampliar a

aplicação e utilização tanto destas interfaces, quanto do protocolo ECOLIG. Tornar os conectores externos mais adaptados à caixa craniana pode melhorar sua invisibilidade e a qualidade dos sinais captados pelos terminais. O monitoramento destes contatos e do nível de bateria da interface mostraram-se críticos para todas as fases de utilização e testes, inclusive sua redundância poderia conferir maior confiabilidade ao tratamento dos sinais, fator fundamental na interação com seres humanos.

Os testes precisam ser submetidos a condições mais relacionadas ao ambiente adverso do cotidiano da vida urbana, onde podem apresentar um novo perfil de aprendizado e conseqüentemente uma nova curva de adaptação ao uso do protocolo ECOLIG.

Os resultados e os procedimentos sugerem uma configuração personalizada da interface que é armazenada, para um acionamento mais rápido ao início de cada sessão de uso. No entanto, o ideal seria o desenvolvimento de um módulo de aprendizagem que associasse o reconhecimento de padrões, utilizando erros e acertos de modo que o sistema aprendesse através de tecnologias conhecidas de inteligência artificial.

- O uso de interfaces ICC sem fio se mostraram importantes para contribuir com a usabilidade, fidelidade e aceitação dos novos procedimentos de comunicação, controle e supervisão utilizando o protocolo ECOLIG. No entanto, o uso das baterias pode prejudicar sua autonomia e assim a adesão destas soluções. A adoção de novas tecnologias sem fio como ZigBee, por exemplo, de baixo consumo de energia e que utilizam uma topologia de rede do tipo malha, podem dar maior autonomia para as soluções no que se refere ao consumo de energia e do alcance. Uma solução tipo “*mesh*” ou “orgânica” permitiria que cada interface funcionasse com um “gateway” ao mesmo tempo que funcionasse como um “repetidor” contatando “pessoas” próximas, e rodando algoritmos para encon-

trar o caminho mais eficiente para os pontos de acesso ao dispositivo eletrônico que se deseja conectar. Assim cada novo “indivíduo” (interface) estenderia o alcance da rede permitindo que vários usuários se conectassem com seus vizinhos e, com múltiplos saltos, transmitiriam ou receberiam dados utilizando o protocolo ECOLIG.

- A utilização dos sinais cognitivos mostraram uma maior precisão quanto à identificação do protocolo ECOLIG, apesar de terem que ser personalizados a cada usuário. Não obstante, os sinais cerebrais de “Expressão” mostraram-se mais padronizados e a sua utilização, para associação com o protocolo ECOLIG, pode adquirir maior precisão com o uso e com a conseqüente melhoria da capacidade seletiva dos usuários. A seletividade voluntária dos sinais pode ser atribuída à perda de concentração nas atividades humanas, mas principalmente à falta de utilização destes sinais como recurso de interação como se propõe ao utilizar o protocolo ECOLIG e as interfaces do tipo ICC.
- A proposta de um protocolo que utiliza um modelo vetorial já é utilizada pelo consórcio W3C [SVG08]. A inclusão do módulo ECOLIG ao protocolo SVG Tiny poderia estender aquele padrão a outras aplicações. O padrão SVG (Scalable Vector Graphics) é uma linguagem utilizada para descrever figuras bidimensionais em XML (Extensible Markup Language), trata-se de uma especificação de uso geral utilizada na criação de linguagens de programação e navegação. Os principais objetivos das linguagens que utilizam o padrão XML são a representação de uma informação com simplicidade, generalidade e usabilidade sobre a Internet. XML tem sido utilizada como base para várias outras linguagens como por exemplo RSS, Atom e XHTML. XML está se tornando um formato padrão de documentos para alguns softwares como “Microsoft Office”, “OpenOffice.org”, “AbiWord” e “iWork” da Apple. Além disso, XML é um padrão aberto, uma recomendação do “World Wide Web Consortium” (W3C) que

especifica uma gramática, suas premissas e suas características;

- O tempo médio de treinamento para utilização da solução ECOLIG-ICC, nas condições apresentadas, foi de 8 dias. Neste período, se alcançou um resultado de acertos maior que 60%, em média. Conforme observado e esperado, este resultado foi dependente do interesse e da dedicação da pessoa em aprender;
- A melhor usabilidade para uma solução do tipo ECOLIG-ICC ainda vai demandar o desenvolvimento de novas interfaces gráficas, não necessariamente adequadas a mouses, ícones e teclados. Não obrigatoriamente associadas à escrita ou à codificação numérica;
- Várias melhorias podem ser propostas a partir dos ensaios efetuados:

Aumentar a autonomia das baterias. Assim a utilização de outras tecnologias de menor consumo de energia como ZigBee, por exemplo, podem propiciar uma utilização segura por períodos mais longos;

Apesar de leves, existem possibilidades de redução de peso para a interface utilizada. Uma delas poderia ser retirar do arco principal, da tiara, os componentes mais pesados. Estes componentes poderiam ser acomodados em um módulo separado que seria então apoiado em outra parte do corpo, melhorando as condições de uso em períodos muito longos;

Reduzindo-se as partes e alterando-se os materiais que compõem a interface, pode-se propor um nova ergonomia para sua estrutura, melhorando-se a estética, o posicionamento na cabeça e a conseqüente adaptação dos usuários. Tudo isso sem perder a mobilidade e a flexibilidade já adquiridas;

A captação de sinais de alta frequência, emanados da atividade cerebral, podem proporcionar uma maior seletividade na identificação e no tratamento destes.

- Existem muitas novas aplicações que podem ser associadas a esta tecnologia ECOLIG-ICC. A simples possibilidade de se substituir o teclado e o mouse, nos dispositivos eletroeletrônicos, abre uma nova perspectiva de projetos onde a miniaturização pode alcançar novos limites. Além disso, o consumo de energia destes dispositivos pode ser redimensionado com reflexos na simplificação dos circuitos, exaustão e dissipação de calor, e a inclusão de outros recursos em hardware. Estas modificações trazem outras possibilidades em software também, já que a utilização de signos podem conduzir a uma comunicação mais eficaz onde o uso de artefatos, números, textos e códigos intermediários podem ser reduzidos ou até eliminados.

Capítulo 7

TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros:

- Desenvolver uma metodologia de testes para ser utilizada em ambientes adversos reais ou virtuais;
- Desenvolver versão do protocolo ECOLIG que explore as potencialidades de uma rede do tipo “*Mesh*” para soluções colaborativas;
- Desenvolver interface Cérebro-Computador que utiliza a tecnologia ZigBee;
- Desenvolver conjunto de APIs (Application Program Interface) para utilização do protocolo em ambientes do tipo AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem);
- Desenvolver as demais recomendações do protocolo associadas aos outros signos do protocolo;
- Propor o uso do protocolo ECOLIG como linguagem da Singularidade prevista por Raymond Kurzweill;

- Propor ao consórcio W3C aditar ao padrão SVG Tiny 1.2, os signos do protocolo ECOLIG;
- Desenvolver um canal aferente direto para o córtex cerebral, um outro sentido para o ser humano;
- Integrar o protocolo ECOLIG a soluções do tipo “*Near to Eye*”, “*Augmented Vision*” e “*Reality Browser*”;
- Implementar o protocolo em sistemas do tipo NEMS e MEMS (*Nano e Micro Eletro Mechanical Systems*).

Bibliografia

- [Al00] Almeida, Maria Aparecida Fernandes; Barreto, Jorge Muniz. Implementação de um Modelo Hiperímídia como Autômato para Ensino de Inteligência Artificial. *Connectionism and Cognitive Sciences Laboratory - L3C - Laboratório de Conexionismo e Ciências Cognitivas*, 2000.
- [Alb91] Albus, James S. . Outline for a Theory of Intelligence. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 21, n 3:413 a 508, May–June, 1991.
- [Alb95] Albus, J. ; Lacaze, A.; Meystel, A. Autonomous Learning via Nested Clustering. *Proc. of the 34th IEEE Conference on Decision and Control*, 3:3034 – 3039, September, 1995.
- [Alb96] Albus, James S. . The Engineering of Mind. *Proceedings of the Fourth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior: From Animals to Animats 4, Cape Cod, MA*, Ref Num, 396, September, 1996.
- [All96] Allen, Bryce. *Information tasks: toward a user-centered approach to information systems*. San Diego: Academic Press, September, 1996.
- [Ama06] Amaral, S. F., Basso, I. . Competências e Habilidades no uso da linguagem audiovisual interativa sob enfoque educacional. . *Educação Temática Digital, Campinas.*, 8:51 a 72, April, 2006.

- [Ang02] Angeloni, Maria Terezinha. Traduzido por Luiz Euclides Trindade Frazão Filho. *Organizações do Conhecimento, Infra-Estrutura, Pessoas e Tecnologia*. Rio de Janeiro: Saraiva, 240p, 2002.
- [Ara93] Aranha, M. L.de A.; Martins, M.H.P. . *Filosofando: introdução à filosofia*. 2. ed. rev. atual. São Paulo: Moderna., Abril, 1993.
- [Bal91] Ballard, Dana. Animate vision. *Artificial Intelligence*, 48:57 a 86, September, 1991.
- [Bar98] Barreto, A.de A. Mudança estrutural no fluxo do conhecimento: a comunicação eletrônica. *Ciência da Informação, Brasília.*, 27, n 2:122 a 127, Abril, 1998.
- [Bee98] Beer, R.; Chiel, H.; Quinn, R. and Ritzmann R. Biorobotics approaches to the study of motor systems. *Current Opinion in Neurobiology*, 8:777 a 782, September, 1998.
- [Ber75] Bertalanffy, L. von. Tradução de Francisco M. Guimarães. *Teoria geral dos sistemas*. Petropolis : Vozes ; Rio de Janeiro: FGV, 1975.
- [Bro80] Brookes, B. C. . The foundations of information science. *Part 1 Philosophical aspects. Journal of Information Science, Amsterdam; New York.*, 2:125 a 133, 1980.
- [Bun79] Bunge M. . *Treatise on Basic Philosophy*. Reidl Pub. Comp., 1979.
- [Cap85] Capurro, R. . Epistemology and Information Science. *REPORT TRITA LIB 6023. Ed. Stephan Schwarz*, April, 1985.
- [Car96] Cardoso, A.M.P. . Pós-modernidade e informação: conceitos complementares? *Perspectivas em Ciência da Informação, Belo Horizonte*, v. 1, n. 1:63 a 79, Junho, 1996.

- [Cas96] Cassirer, E. . Ensaio sobre o Homem. São Paulo: Martins Fontes. *cap II Uma chave para a natureza do homem: o símbolo.*, cap II:45 a 50, Abril, 1996.
- [Cas05] Castilho, Renata A. F. A Incorporação de Ambientes Virtuais de Aprendizagem no Ensino Superior. Um estudo na Universidade Estadual de Campinas. Tese de mestrado, Instituto de Artes, UNICAMP–Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- [Chi93] Chiavenato I. *Introdução à teoria geral da administração*. 3rd. Ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasi, Setembro, 1993.
- [Cho59] Chomsky, Noam. On certain formal properties of grammars. *Information and Control*, 2:137 a 167, 1959.
- [Col86] Collingwood, R.G. *Ciência e filosofia: a idéia da Natureza*. Lisboa, Editorial Presença, 1986.
- [Dam00] Damasio, Antonio. *O Mistério da Consciência*. São Paulo: Companhia das Letras, Maio, 2000.
- [Dau01] Dautenhahn, Kerstin; Polani, Daniel; Uthmann, Thomas. Guest Editors' Introduction: Special Issue on Sensor Evolution. *Rio de Janeiro*, Setembro, 2001.
- [Dav03] Davenport, Thomas H. ; Prusak, Laurence . *Conhecimento Empresarial* . Rio de Janeiro: Campus, Setembro, 2003.
- [Daw02] Dawidowicz, Edward ; Rodriguez, Albert . Intelligent Nodes in Knowledge Centric Warfare. *Proceedings of Command and Control, Research and Technology Symposium, CCRTS 2002* , Monterey, California Naval Postgraduate School - C2 Decision Making & Cognitive Analysis:242 – 291, 2002.

- [Dev79] Developer Android Group. ADT. Technical report, OHA, 1979. <http://developer.android.com/sdk/eclipse-adt.html>.
- [Dur94] Durkin, John . *Expert Systems, Design & Development*. Printice Hall, September, 1994.
- [ECL10] ECLIPSE. Eclipse Documentation. Technical report, Eclipse Foundation, 2010. <http://www.eclipse.org/documentation/>.
- [Ede87] Edelman G. *Neural Darwinism: the theory of neural group selection*. Basic Books, September, 1987.
- [Emm91] Emmeche, Claus; Hoffmeyer, Jesper. From language to nature - the semi-otic metaphor in biology. *Semiotica*, 84(1):1 a 42, March, 1991.
- [Emm97] Emmeche, Claus. Aspects of complexity in life science. *Philosophica*, 59(1):41 a 68, June, 1997.
- [Emm01] Emmeche, Claus. Does a robot have an Umwelt? Reflections on the qualitative biosemiotics of Jakob von Uexküll . *A special issue on Jakob von Uexküll*, Semiotica vol. 134 (issue 1/4): pp. 653-693; 2001:653–693, June, 2001.
- [EMO10] EMOTIV. Emotiv Documents. Technical report, Emotiv, 2010. <http://www.emotiv.com>.
- [Eth79] Ethical Principles and Guidelines for the protection of human subjects of research. The Belmont Report. Technical report, The National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research, 1979.
- [Fal02] Falmagne, Jean Claude. *Elements of psychophysical theory*. Oxford University Press US, September, 2002.

- [Fat98] Fatth, B.D. ; Patten, B.C. Network synergism: emergence of positive relations in ecological models. *Ecological Modelling*, 107:127 a 143, April, 1998.
- [Fec60] Fechner, G. . *Elements of psychophysics*. Nova York, Holt, Rinehart, Winston, Inc., September, 1860.
- [Fen97] Fenzl, Norbert; Hofkirchner, Wolfgang. Information Processing in Evolutionary Systems. *Self-Organization of Complex Structures: From Individual to Collective Dynamics*, .Schweitzer,F.(ed):59 a 70, 1997.
- [Fis02] Fischer-Kowalski,Marina; Haberl,Helmut. Sustainable development, socio-economic metabolism and colonization of nature. *International Social Science Journal*, 50, issue 158:573 a 587, 2002.
- [Fro03] Frota, Cristiane Souto; Pantoja, Ricardo Rodrigues; Séllos, Lysio . Teoria da Criação do Conhecimento Organizacional Nonaka e Takeuchi. *SEGRAC Núcleo de Pesquisa em Ciências da Engenharia Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro*, September, 2003.
- [Fur00] Furtado, Miguel Benedito Júnior. XML– Extensible Markup Language. *GTA UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Centro de Tecnologia e Eng. Eletrônica - Curso:: Redes de Computadores I*, Abril, 2000.
- [Gab00] Gabriele Oettingen, Gaby Hönig, Peter M. Gollwitzer. Effective self-regulation of goal attainment. *International Journal of Educational PER-GAMON Educational Research*, 33:705–732, 2000.
- [Gog98] Goguen, J. . An Introduction to Algebraic Semiotics, with Application to User Interface Design. *Computation for Metaphors, Analogy, and Agents*, Springer, pages 242 – 291, 1998.
- [Gol00] Goleman, Daniel. *Emotional Intelligence*. Bantam, September, 2000.

- [Gol09] Goleman, Daniel. *Ecological Intelligence*. Broadway Business (April 21, 2009), 2009.
- [Gom07] Gomide, Fernando; Pedrycz, Witold. *Fuzzy Systems Engineering: Toward Human-Centric Computing*. IEEE/Wiley Interscience, September, 2007.
- [Gud96] Gudwin, Ricardo Ribeiro. Contribuições ao Estudo Matemático de Sistemas Inteligentes. Technical report, Tese de Doutorado, UNICAMP - Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação. Orientador: Prof. Dr. Fernando Antonio Campos Gomide, 1996.
- [Hak06] Haken, H. Series in Synergetics. *Springer Series in Synergetics*, Springer Series in Synergetics Series Editors: Èrdi, P., Friston, K.J., Haken, H., Kacprzyk, J., Kelso, J.A.S., Kurths, J., Reichl, L.E., Schuster, P., Schweitzer, F., Sornette, D. Founded by: Haken, Hermann: Vol 69, 2006.
- [Hay09] Haynes John Dylan. Theory and Analysis of Large-Scale Brain Signals. *Bernstein Center for Computational Neuroscience –Berlin*, December 2009.
- [Hel78] Helmholtz, H. The Origin and Meaning of Geometrical Axioms. *Oxford University Press on behalf of the Mind Association*, Vol. 3,(10):212 a 225., April, 1878.
- [Hes00] Hessen, J. . Teoria do Conhecimento. *São Paulo: Ed. Martins Fontes*, Abril, 2000.
- [Hof03] Hoffmeyer, Jesper; Kull, Kalevi. Baldwin and Biosemiotics: What Intelligence is for. *Evolution and Learning. The Baldwin Effect Reconsidered.*, MIT Press.:253–272, June, 2003.
- [IDC08] IDC-EMC. The Diverse and Exploding Digital Universe. *White Paper*, March, 2008.

- [Jay57] Jaynes, E. T. Information theory and statistical mechanics. *Theory*, 106(4):620–630, May, 1957. Reprinted from The Physical Review.
- [Jus08] Just, Marcel; Eddy, William F. . What brain imaging can tell us about embodied meaning. *Center for Cognitive Brain Image – Carnegie Mellon University – USA*, Dezembro, 2008.
- [Kly05] Klyubin, A.S., Polani, D., Nehaniv, C.L. Empowerment: A universal agent-centric measure of control. *Proceedings of the 2005 IEEE Congress on Evolutionary Computation*, pages 128–135, December, 2005.
- [Kul98] Kull, Kalevi. Semiotic ecology: different natures in the semiosphere. *Sign Systems Studies*, 26 (1998):344 a 371, March, 1998.
- [Kul08] Kull, Kalevi; Emmeche, Claus; Favareau, Donald. Biosemiotics Questions. *Biosemiotics*, 1(2008):41 a 55, March, 2008.
- [Lal08] Laland , Kevin N.; Boogert, Neeltje J. Niche Construction, co-evolution and biodiversity. *Ecological Economics*, 2008, June, 2008.
- [Lig99] Light, R. . *Iniciando em XML*. São Paulo: Makron Books, p. 79 a 89, Agosto, 1999.
- [Lot90] Lotman, Juri. Traduzido por Ann Shukman, Colaborador Umberto Eco, 2001. *The Universe of the Mind. A Semiotic Theory of Culture*. I.B.Tauris, September, 1990.
- [Lot05] Lotman, Juri. On the semiosphere. *Department of Semiotics, University of Tartu*, Signs Systems Studies 17:5 a 23, January, 2005. This article, regarded as a classic or seminal piece by many who have studied Lotman’s work, was first published in 1984 in Signs Systems Studies 17, 5 a 23, and includes one of the first mentioning of the term semiosphere coined by

- Lotman. Translated from the original Russian language version, published in Lotman, 1992.
- [Lun04] Lungarella, M.; Metta, G.; Pfeifer, R. and Sandini G . Developmental robotics, a survey. *Connection Science*, 15(4):151 a 190, April, 2004.
- [Lun05] Lungarella, M.; Pegors, T.; Bulwinkle, D. and Sporns, O. Methods for quantifying the informational structure of sensory and motor data. *Neuroinformatics*, 3(3):243 a 262, September, 2005.
- [Mar99] Martin, Philippe; Eklund, Eklund. . Embedding knowledge in Web documents. *WWW8, 8th International World Wide Web Conference, Toronto, Canada*, 1999.
- [Mar01] Marques, João Carlos . Diversity, biodiversity, conservation, and sustainability. *Scientific World*, 1:534 a 543, April, 2001.
- [Mar03] Mariconda, Pablo Rubén. Galileu e a ciência moderna. *Cadernos de Ciências Humanas - Especiaria*, v. 9(16):267 a 292., Jul-Dez 2003.
- [Mat98] Mataric, Maja J. . Behavior-based robotics as a tool for synthesis of artificial behavior and analysis of natural behavior. *Trends in Cognitive Science*, 2, 3:82 a 87, March, 1998.
- [Mel97] Meltzoff, A. and Moore, M. Explaining facial imitation, a theoretical model. *Early Development and Parenting*, 6:179 a 192, April, 1997.
- [Mel03] Melo-Martin, Inmaculada de. Biological explanations and social responsibility. *Elsevier, Stud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci.* 34 (2003):345,358, May, 2003.
- [Men07] Menezes, José Eugenio de Oliveira Menezes. Cultura do ouvir: vínculos sonoros na contemporaneidade . *Intercom , Sociedade Brasileira de Estudos*

- Interdisciplinares da Comunicação XXX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação*, Santos, page 51 a 72, April, 2007.
- [Mer00] Merleau-Ponty, Maurice. *O Visível e o Invisível*. São Paulo: Editora Perspectiva, September, 2000.
- [Mey96] Meystel, Alexander M. Intelligent Systems: A Semiotic Perspective. *Proceedings of the 1996 IEEE International Symposium on Intelligent Control Dearborn, MI*, page 61 a 67, September, 1996.
- [Mey99] Meystel, Alexander M. Theoretical Aspects of Multiresolutional Autonomy. *Intelligent Control/Intelligent Systems and Semiotics, 1999. Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium*, Location: Cambridge, MA, USA ISBN: 0-7803-5665-9 INSPEC Accession Number: 6440971 Digital Object Identifier: 10.1109/ISIC.1999.796683:370 a 374, 1999.
- [Mid05] Midoro, Vittorio. *A Common European Framework for Teachers Professional Profile in ICT for Education*. Edizioni Menabo: Didactica, September, 2005.
- [Mig08] Miguel, Paulo V. O. Laboratório Virtual Aplicado à Educação em Engenharia Elétrica. Tese de Mestrado. Orientador: Prof. Dr. Gilmar Barreto. *Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação. Universidade Estadual de Campinas*, Outubro 2008.
- [Mil10] Miller, Kai. Brain-controlled cursor doubles as a neural workout. Technical report, University of Washington, 2010.
- [MIT06] MIT. The Hamiltonian. *MIT OpenCourseWare website*, 18013A Chapter 16-3, September, 2006.
- [Moe09] Moen, Ron; Norman, Cliff. Evolution of the PDSA Cycle. *Deming Electronic Network Web Site*, December 2009.

- [Mor77] Morin, Edgar. *O método: a natureza da natureza*. Portugal: Publicações Europa-América, 1977.
- [Mor01] Morin, Edgar. *Introdução ao Pensamento Complexo*. 3. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2001.
- [Nat97] Natochin, Yu. V. Natochin; Chernigovskaya, T. V. Evolutionary Physiology: History, Principles. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 118A, N 1:63 a 79, September, 1997.
- [New76] Newell, Allen; Simon, H. A. . Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search. *Communications of the ACM*, 19, September, 1976.
- [Non97] Nonanka, Ikujiro; Takeuchi, Hirotaka. Traduzido por Luiz Euclides Trindade Frazão Filho. *Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. 2 ed. Rio de Janeiro, Campus, 1997. 358p, 1997.
- [Not95] Noth, Winfried. *Panorama da Semiótica de Platão a Peirce*. Annablume Editora, 1995.
- [Not96] Noth, Winfried. *A Semiótica no Século XX*. Annablume Editora, 1996.
- [Odu01] Odum, E.P. . *Fundamentos de Ecologia*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. 979p., 2001.
- [Oli02] Oliveira, Djalma de Pinho Rebouças de. *Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial*. Ed. Atlas, Setembro 2002.
- [Ope10] Open Handset Alliance. Android Documentation. Technical report, OHA, 2010. <http://www.android.com/>.

- [Oti03] Otis, Laura C. Müller's Lab: A Depressed Scientist and His Unruly Students in 19th-Century Berlin. *Hofstra University, NY - USA - Associate Professor*, September, 2003.
- [Pag91] Pagano, Rosane L.; Barreto, Jorge Muniz. Hypertext Information Technology in Medical Education. *Proc. of 6th Mediterranean Electrotechnical Conference - IEEE-MELECON'91, Yugoslavia*, 2:1577 a 1580, May, 1991.
- [Par92] Parsons, Talcott. *O sistema social*. In: Castro, A. M.; Dias, E. F. (Org.). Introdução ao pensamento sociológico. São Paulo: Ed. Moraes, 1992.
- [Pat78] Patten, Bernard C. . Systems approach to the concept of environment. *Ohio J. Sci.*, 78(1978):206 a 222, April, 1978.
- [Pat98] Patten, Bernard C. *Network orientors: steps toward a cosmography of ecosystems: orientors for directional development, self-organization, and autoevolution*. . Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 619 pp., Chapter 2.8, pp. 137 a 160., September, 1998.
- [Phi04] Philipona, D.; O Regan,, J. K. and Nadal, J.P. Perception of the structure of the physical world using multimodal unknown sensors and effectors . *Advances in Neural Information Processing Systems*, 17, April, 2004.
- [Pia53] Piaget, J. . *The Origins of Intelligence in Children*. Ed Routledge, September, 1953.
- [Pop75] Popper, K.R. *Conhecimento Objetivo*. São Paulo: EDUSP, 1975.
- [Pro02] Probst, Gilbert . *Gestão do Conhecimento-Os elementos construtivos do sucesso*. São Paulo: Bookman, 2002.
- [Rhe04] Rheingantz, Paulo Afonso ; Araújo, Mônica Queiroz ; Alcantara, Denise de. Os Sentidos Humanos e a Construção do Lugar, Em busca do caminho

- do meio para o desenho universal . *Publicado nos Anais do Seminário Acessibilidade no Cotidiano (CD-Rom) Rio de Janeiro, 2004.*
- [Roc98] Rochat, P. Self-perception and action in infancy. *Experimental Brain Research*, 123:102–109, April, 1998.
- [Roc00] Rocha, R. L. A.; Neto, J. J. . Autômato adaptativo, limites e complexidade em comparação com máquina de Turing. *Proceedings of the second Congress of Logic Applied to Technology - LAPTEC 2000. São Paulo: Faculdade SENAC de Ciências Exatas e Tecnologia.*, 33-48, Abril, 2000.
- [Rod89] Rodriguez, Norberto. Tempo Real e Tempo Vivido uma Questão para a Neurologia. *Tempo – Revista USP, n. 2*, Jun/Jul/Ago:11,14, Agosto 1989.
- [Rus95] Russel, J. Stuart; Norvig, Peter. *Artificial Intelligence: A modern Approach*. Prentice Hall 415 a 429, 436 a 457, 1995.
- [San96] Santaella, Maria Lúcia. *O que é Semiótica*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1996, 12a reimpressão, 1996.
- [San04] Santaella, Lucia. Games e Comunidades Virtuais. *Canal Contemporâneo*, Novembro, 2004.
- [Sch09] Schütz, Rosalvo. A Concepção Multifacetada de Natureza em Kant. *VERITAS Porto Alegre*, 54(1):238 a 256, Jan–Mar, 2009.
- [Sco99] Scotti, E.V. et al. . O terceiro milênio e o paradigma da informação. *Encontros Bibli: Revista de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Florianópolis*, 8, Abril, 1999.
- [Seb97] Sebeok, Thomas A. . *Comunicação. In Comunicação na era pós-moderna*. M. Rector e E. Neiva, Petrópolis: Vozes, 1997.

- [Set99] Setzer, V. . Dado, informação, conhecimento e competência. *DataGram-Zero* . *Revista de Ciência da Informação*, Dezembro, 1999.
- [Sha01] Shannon, Claude E. A mathematical theory of communication. *ACM SIG-MOBILE Mobile Computing and Communications Review archive*, Volume 5 , Issue 1(1):3 – 55, January, 2001. Reprinted from THE PHYSICALREVIEW.
- [Sil06] Silva, José Manuel. *Tecnologia Educativa, Teoria Geral dos Sistemas e Teoria da Comunicação: Uma simbiose perfeita*. Janeiro, 2006.
- [Sim98] Simmel, Georg. A divisão do trabalho como causa da diferenciação da cultura subjetiva e objetiva. *Simmel e a modernidade. Organizadores: Jessé Souza e Berthold Öelze. Brasília: Editora Universidade de Brasília*, cap II:41 a 77, 1998.
- [Sos02] Sosteric, Nike; Hesemeier, Susan. When is a Learning Object not an Object: A first step towards a theory of learning objects. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, Volume 3, Number 2, 2002.
- [Spo00] Sporns, O.;Tononi, G. and Edelman, G. M. Relating anatomical and functional connectivity in graphs and cortical connection matrices. *Cerebral Cortex. Theoretical Neuroanatomy*, September, 2000.
- [Spo04] Sporns, O. and Pegors, T. K. Information-theoretic aspects of embodied artificial intelligence. *Embodied Artificial Intelligence*,, LNCS 3139:74 a 85, September, 2004.
- [Sve98] Sveiby, Karl Erick . *A nova riqueza das organizações: gerenciando e avaliando patrimônios de conhecimento*. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 260p, 1998. Traduzido por Luiz Euclides Trindade Frazão Filho.

- [SVG08] SVG Working Group. Scalable Vector Graphics (SVG) Tiny 1.2 Specification. W3c recommendation, W3C, World Wide Web Consortium, Dezembro, 2008. <http://www.w3.org/TR/2008/REC-SVGTiny12-20081222/>.
- [The94] Thelen E. and L. Smith L. A Dynamic Systems Approach to Development of Cognition and Action. *MIT Press*, MIT Press, 1994, 1994.
- [Thu04] Thure Von Uexkull. *A Teoria da Umwelt de Jakob Von Uexkull*. São Paulo - USP, 2004.
- [Ton98] Tononi, Giulio,; Edelman, Gerald M. Neuroscience, Consciousness and Complexity . *Science*, 282. no. 5395:1846 a 1851, 1998.
- [Ula02] Ulanowicz, R.E. Toward quantifying semiotic agencies: habits arising. *J. Semiotics Evol. Energy Dev.*, 2(1)(2002):38 a 55, 2002.
- [Vad03] Vadim L. Stefanuk. In Search for Hidden Meaning: Pospelov's Work on Applied Semiotics. *IEEE*, 2003.
- [Var03] Varela, Francisco; Thompson, Evan; Rosch, Eleanor. *A Mente Incorporada, Ciências Cognitivas e Experiência Humana*. . Porto Alegre: Artmed, 2003. [editado originalmente em 1991], 2003.
- [Wat67] Watzlawick, Paul; Beavin, Jackson. *Pragmática da comunicação humana*. São Paulo, Ed. Cultrix, 1967.
- [Wat96] Watzlawick, Paul. *Pragmática da Comunicação Humana*. São Paulo, Ed. Cultrix, 1996.
- [Wel03] Welwood, John. *Em busca de uma psicologia do despertar*. Rio de Janeiro: Ed. Rocco, 2003.

-
- [Wer93] Wersig, G. . Information science: the study of postmodern knowledge usage. *Information Processing & Management*,, 29, n 2:229 a 239, April, 1993.
- [Wol07] Wolpe, Paul Root . Ethical and social challenges of brain-computer interfaces. Virtual Mentor. Technical Report 9:128-131., Emory University – Atlanta – USA, 2007.

Apêndice A

Procedimentos e Questionários

Procedimentos dos Testes

Este texto foi apresentado às pessoas envolvidas nos testes do protocolo ECOLIG, no início de cada sessão, com o objetivo de atender às condições éticas e técnicas, conforme sugerido no “The Belmont Report – Ethical Principles and Guidelines for the Protection of Human Subjects of Research” [Eth79] emitido pela “The National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research” em Abril de 1979, preservando assim o respeito pelas pessoas, a beneficência e a justiça nos testes envolvendo seres humanos. Cabe ainda destacar que os cuidados com a utilização de artefatos não invasivos, transmissores sem fio aderentes ao padrão IEEE 802.11 e o uso de baixas tensões de alimentação DC tornam os riscos das medições biométricas praticamente nulos.

Antecipadamente, gostaríamos de agradecer a sua presença e a sua disponibilidade para a realização desta sessão experimental.

O presente estudo visa, através da interação entre dispositivos sem fio e um computador portátil, a captação de dados biométricos para proceder à sua posterior análise e tratamento. Os dados biométricos tratados neste trabalho incluem a atividade cerebral elétrica, o monitoramento dos movimentos e os estados emocionais.

Esta sessão experimental é completamente indolor, não necessita de esforço físico ou psíquico e a sua duração será de aproximadamente trinta minutos. Para garantir que os resultados obtidos estão de acordo com o estudo em questão, será realizado um pequeno questionário com o intuito de verificar possíveis restrições à realização desta sessão experimental.

Após o preenchimento do questionário, e para o caso de nenhuma resposta ser afirmativa:

Para minimizar as interferências com os dados biométricos obtidos (denominados artefatos), serão removidos os objetos metálicos próximos do crânio como brincos, colares ou óculos, bem como relógios e pulseiras. Visto que a atividade cerebral é fortemente influenciada por movimentos musculares, recomenda-se a maior concentração por parte do sujeito durante toda a sessão experimental. Desta forma pretende-se também evitar divagar por pensamentos diversos dos que são diretamente relacionados com as atividades propostas.

Serão colocados dezesseis eletrodos relativos à interface cérebro-computador. Estes eletrodos de material plástico necessitará ser umedecido com soro fisiológico de modo a assegurar sua condutividade permitindo assim que a interface capte a atividade cerebral através da diferença de potencial detectada no crânio humano. Os eletrodos serão distribuídos sobre o crânio cobrindo as zonas Frontal, Central, média e posterior. Por fim, dois dos eletrodos, cujas funções são determinar a resistência ou condutividade da pele, serão apoiados sobre o crânio nas regiões atrás de cada orelha, são eletrodos secos de borracha condutiva. Além dos dispositivos de captação de dados mencionados, serão utilizados também um computador, outros sistemas de monitoramento para a apresentação das imagens e outro para o acompanhamento em tempo real dos sinais biométricos captados. A ausência de fios que interligam os dispositivos evitam a intimidação ou qualquer tipo de receio na utilização dos mesmos, o que poderia interferir nos dados adquiridos. A sessão começará com um período de relaxamento, que consistirá simplesmente em fechar os olhos durante aproximadamente dois minutos. Este período tem como objectivo, além do relaxamento, a normalização da atividade cerebral e detecção de possíveis erros derivados da má colocação dos eletrodos. Após a preparação da sessão experimental serão iniciadas as etapas de testes envolvendo associação de imagens, identificação de comandos e estímulos sensoriais. Serão também utilizados um quadro negro cuja função é relaxar

e preparar o sujeito, e outro quadro negro com uma cruz branca no centro de forma a cativar a atenção e concentração. O tratamento dos dados biométricos obtidos é puramente científico e é garantida toda a confidencialidade dos dados pessoais fornecidos. A realização desta sessão experimental pressupõe a aceitação explícita por parte do sujeito de todas as informações e detalhes fornecidos para a sessão experimental bem como o tratamento dos dados biométricos recolhidos no âmbito deste trabalho. Os resultados serão apresentados e divulgados assegurando assim a publicidade das atividades e da contribuição que visa promover os estudos e alcançar os objetivos propostos no preâmbulo deste projeto.

Muito obrigado pela colaboração prestada.

Questionário de Seleção

1. Ingeriu cafeína nas últimas duas horas?
2. Fumou nas últimas duas horas?
3. Consumiu álcool nas últimas 12 horas?
4. Considera-se uma pessoa nervosa ou com alguma depressão?
5. No seu histórico familiar, existe alguém com doenças mentais, que tenha sofrido danos cerebrais físicos ou desordens neurológicas?
6. Existe alguém na sua família que tenha algum outro tipo de doença grave não mencionada, problemas com droga ou álcool?

Apêndice B

Algoritmos

Pseudo-Algoritmos

Algoritmo 1: package piramide3D.svg;

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG 1.1//EN" "http://www.w3.org/
  Graphics/SVG/1.1/DTD/svg11-flat-20030114.dtd">
<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:z="http://debeissat.nicolas.free.fr/svg3d/svg3d.rng"
  width="100%" height="100%">
    <script type="text/ecmascript" xlink:href="../svg3d/svg3d.
      js" />
    <script type="text/ecmascript" xlink:href="../svg3d/
      svg3d_parsing.js" />
    <script type="text/ecmascript" xlink:href="../svg3d/dom_utils.
      js" />
    <title>SVG animation - pyramide 3 faces</title>
    <g id="g1" onload="init(this)" onclick="toggleRotation()">
      <path id="face0" style="fill: yellow" d="M0 -150 L
        -90 0 L90 0 Z">
        <z:rotation incRotY="0.03" />
        <z:translation z="51.5" />
        <z:rotation rotX="0.349" />
      </path>
      <path id="face1" style="fill: gold" d="M0 -150 L-90
        0 L90 0 Z">
        <z:rotation rotY="2.094" incRotY="0.1" />
        <z:translation z="51.5" />

```

```
        <z:rotation rotX="0.349" />
    </path>
        <path id="face2" style="fill: goldenRod" d="M0 -150
            L-90 0 L90 0 Z">
        <z:rotation rotY="4.189" incRotY="0.1" />
        <z:translation z="51.5" />
        <z:rotation rotX="0.349" />
    </path>
</g>
</svg>
```

Algoritmo 2: package piramidecolig.svg;

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

        .
        .
        .
        .

    <title>SVG animation - piramide 3 faces - ECOLIG </title>

    <g id="g1" onload="init(this)" onclick="ecoRrig()">
```

```

        <path id="face0" style="fill: yellow" d="M0 -150 L
            -90 0 L90 0 Z">
        <z:rotation rotY="0.03" />
        <z:translation z="51.5" />
        <z:rotation rotX="0.349" />
    </path>
        <path id="face1" style="fill: gold" d="M0 -150 L-90
            0 L90 0 Z">
        <z:rotation rotY="2.094" incRotY="0.1" />
        <z:translation z="51.5" />
        <z:rotation rotX="0.349" />
    </path>
        <path id="face2" style="fill: goldenRod" d="M0 -150
            L-90 0 L90 0 Z">
        <z:rotation rotY="4.189" incRotY="0.1" />
        <z:translation z="51.5" />
        <z:rotation rotX="0.349" />
    </path>
</g>
</svg>

```

Algoritmo 3: package EcoligSignosCognitivos;

```

/* Incluindo as bibliotecas com as primitivas de acesso à ICC
#include <iostream>

```



```
#include <conio.h>
#include <map>
#include <sstream>
#include <cassert>
#include "EmoStateDLL.h"
#include "edk.h"
#include "edkErrorCode.h"
#include "Socket.h"
#include "CognitivControl.h"
#pragma comment(lib, "Ws2_32.lib")
#pragma comment(lib, "../lib/edk.lib")
void sendCognitivAnimation(SocketClient& sock, EmoStateHandle
    eState);
void handleCognitivEvent(std::ostream& os, EmoEngineEventHandle
    cognitivEvent);
bool handleUserInput();
void promptUser();
int main() {

// Define o local de rede onde será montado o ambiente de
    treinamento
// neste caso, a própria máquina hospedeira do ambiente Eclipse de
// desenvolvimento.

    std::string receiverHost = "localhost";
    EmoEngineEventHandle eEvent = EE_EmoEngineEventCreate();
```

```
EmoStateHandle eState = EE_EmoStateCreate();
unsigned int userID = 0;
try {
    if (EE_EngineConnect() != EDK_OK) {
        {
            throw std::exception("Interface desconectada
                .");
        }
    }
    else {
        std::cout << "Interface iniciada!" << std::
            endl;
    }
    int startSendPort = 20000;
    std::map<unsigned int, SocketClient> socketMap;
    std::cout << "Digite exit para sair ou help para
        listar os comandos possíveis..." << std::endl;
    promptUser();
    while (true) {
// Trata a opção digitada
        if (_kbhit()) {
            if (!handleUserInput()) {
                break;
            }
        }
        int state = EE_EngineGetNextEvent(eEvent);
// Um novo evento da interface a ser tratado
```

```
        if (state == EDK_OK) {
            EE_Event_t eventType =
                EE_EmoEngineEventGetType(eEvent);
            EE_EmoEngineEventGetUserId(eEvent, &userID);
            switch (eventType) {
// Nova interface conectada, cria um novo ‘‘socket’’ para
// interação
                case EE_UserAdded:
                    {
                        std::cout << std::endl << "Novo usuário " << userID << "
                            adicionado, enviando eventos Cognitivos para o Host ";
                        std::cout << receiverHost << ":" <<
                            startSendPort << "..." << std::endl;
                        promptUser();

                        socketMap.insert(std::pair<unsigned int,
                            SocketClient>(
                                userID, SocketClient(receiverHost,
                                    startSendPort, UDP)));
                        startSendPort++;
                        break;
                    }
// Interface desconectada, remove um socket existente e comunica
// através da console de operação.
                case EE_UserRemoved:
                    {
                        std::cout << std::endl << "Usuário " << userID << " removido
```

```
        ." << std::endl;
promptUser();

        std::map<unsigned int, SocketClient>::
            iterator iter;
        iter = socketMap.find(userID);
        if (iter != socketMap.end()) {
            socketMap.erase(iter);
        }
        break;
    }

// Envia informação de que um sinal Cognitivo ocorreu quando “
// EmoState” é atualizada
    case EE_EmoStateUpdated:
    {
        //std::cout << "Novo sinal gerado pelo
        //usuário" << userID << "..." << std::endl;
        EE_EmoEngineEventGetEmoState(eEvent, eState);
        std::map<unsigned int, SocketClient>::
            iterator iter;
        iter = socketMap.find(userID);
        if (iter != socketMap.end()) {
            sendCognitivAnimation(iter->second,
                eState);
        }
        break;
    }
}
```

```
// Trata um evento de treinamento do tipo cognitivo

        case EE_CognitivEvent:
        {
            handleCognitivEvent(std::cout, eEvent);
            break;
        }
        default:
            break;
        }
        }

        else if (state != EDK_NO_EVENT) {
            std::cout << "Erro interno na
                interface" << std::endl;
            break;
        }

        Sleep(1);
    }
}

catch (const std::exception& e) {
    std::cerr << e.what() << std::endl;
    std::cout << "Pressione qualquer tecla para sair.."
        << std::endl;
    getchar();
}

EE_EngineDisconnect();
EE_EmoStateFree(eState);
```

```
EE_EmoEngineEventFree(eEvent);  
return 0;  
}
```

Algoritmo 4: package void sendCognitivAnimation;

```
void sendCognitivAnimation(SocketClient& sock, EmoStateHandle  
eState) {  
    std::ostringstream os;  
    EE_CognitivAction_t actionType =  
        ES_CognitivGetCurrentAction(eState);  
    float actionPower = ES_CognitivGetCurrentActionPower(eState  
    );  
    os << static_cast<int>(actionType) << "," << static_cast<  
        int>(actionPower*100.0f);  
    sock.SendBytes(os.str());  
}
```

Algoritmo 5: package void handleCognitivEvent;

```
void handleCognitivEvent(std::ostream& os, EmoEngineEventHandle
cognitivEvent) {
    unsigned int userID = 0;
    EE_EmoEngineEventGetUserId(cognitivEvent, &userID);
    EE_CognitivEvent_t eventType = EE_CognitivEventGetType(
        cognitivEvent);
    switch (eventType) {
        case EE_CognitivTrainingStarted: {
            os << "Treinamento cognitivo iniciado";
            break;
        }
        case EE_CognitivTrainingSucceeded: {
            os << "Treinamento cognitivo bem sucedido";
            break;
        }
        case EE_CognitivTrainingFailed: {
            os << "Treinamento cognitivo com erro";
            break;
        }
        case EE_CognitivTrainingCompleted: {
            os << "Treinamento cognitivo terminado";
            break;
        }
        case EE_CognitivTrainingDataErased: {
```

```
        os << "Treinamento cognitivo apagado";
        break;
    }
    case EE_CognitivTrainingRejected: {
        os << "Treinamento cognitivo rejeitado";
        break;
    }
    case EE_CognitivTrainingReset: {
        os << "Treinamento cognitivo reiniciado";
        break;
    }
    case EE_CognitivAutoSamplingNeutralCompleted: {
        os << "Amostragem de estado neutro terminada
            ";
        break;
    }
    case EE_CognitivSignatureUpdated: {
        os << "Assinatura cognitiva atualizada";
        break;
    }
    case EE_CognitivNoEvent:
    break;
    default:
        // unhandled case
        assert(0);
        break;
}
```



```
    }  
    promptUser();  
}
```

Algoritmo 6: package bool handleUserInput;

```
bool handleUserInput() {  
    static std::string inputBuffer;  
    char c = _getch();  
    if (c == '\r') {  
        std::cout << std::endl;  
        std::string command;  
        const size_t len = inputBuffer.length();  
        command.reserve(len);  
        // Converte para minúsculo  
        for (size_t i=0; i < len; i++) {  
            command.append(1, tolower(inputBuffer.at(i)))  
                ;  
        }  
        inputBuffer.clear();  
        bool success = parseCommand(command, std::cout);  
        promptUser();  
        return success;  
    }  
}
```

```
    else {
        if (c == '\b') { // Backspace
            if (inputBuffer.length()) {
                putchar(c);
                putchar(' ');
                putchar(c);
                inputBuffer.erase(inputBuffer.end()
                                -1);
            }
        }
        else {
            inputBuffer.append(1,c);
            std::cout << c;
        }
    }
    return true;
}

void promptUser()
{
    std::cout << "CognitivDemo> ";
}
```

Algoritmo 7: package EcoligSignosExpressao;

```
#include <iostream>
#include <conio.h>
#include <map>
#include <sstream>
#include <cassert>
#include "EmoStateDLL.h"
#include "edk.h"
#include "edkErrorCode.h"
#include "Socket.h"
#include "ExpressivControl.h"
#pragma comment(lib, "Ws2_32.lib")
#pragma comment(lib, "../lib/edk.lib")
std::string numberToString(const int n);
void sendExpressivAnimation(SocketClient& sock, EmoStateHandle
    eState);
void handleExpressivEvent(std::ostream& os, EmoEngineEventHandle
    expressivEvent);
bool handleUserInput();
void promptUser();

int main(int argc, char **argv) {
    // Define o host como localhost
    std::string receiverHost = "localhost";
    receiverHost = std::string(argv[1]);
```

```
EmoEngineEventHandle eEvent = EE_EmoEngineEventCreate();
EmoStateHandle eState = EE_EmoStateCreate();
unsigned int userID = 0;
const int CONTROL_PANEL_PORT = 3008;
try {

    if (EE_EngineConnect() != EDK_OK) {
        throw std::exception("Interface desconectada
        .");
    }
    else {
        std::cout << "Interface conectada" << std::
        endl;
    }

    int startSendPort = 30000;
    std::map<unsigned int, SocketClient> socketMap;
    std::cout << "Digite 'exit' para sair e 'help'
    para listar os comandos disponíveis" << std::endl
    ;
    promptUser();
    while (true) {
        // Trata a linha de comando da interface
        if (_kbhit()) {
            if (!handleUserInput()) {
                break;
            }
        }
    }
}
```

```
    }  
  
    int state = EE_EngineGetNextEvent(eEvent);  
    // Novo evento a ser tratado  
    if (state == EDK_OK) {  
        EE_Event_t eventType =  
            EE_EmoEngineEventGetType(eEvent);  
        EE_EmoEngineEventGetUserId(eEvent, &userID);  
        switch (eventType) {  
        // Nova interface conectada  
            case EE_UserAdded:  
                {  
                    std::cout << std::endl << "Novo  
                    usuário " << userID << "  
                    adicionado, mensagens de “  
                    Expressão”” enviadas para ";  
                    std::cout << receiverHost << ":" <<  
                    startSendPort << "..." << std::  
                    endl;  
  
                    promptUser();  
  
                    socketMap.insert(std::pair<unsigned  
                    int, SocketClient>(  
                        userID, SocketClient(  
                            receiverHost,  
                            startSendPort, UDP))  
                    );  
  
                    startSendPort++;  
                }  
            }  
        }  
    }  
}
```

```
        break;
    }

    // Interface desconectada
    case EE_UserRemoved:
    {
        std::cout << std::endl << "Usuário "
            << userID << " foi removido." <<
            std::endl;

promptUser();

        std::map<unsigned int, SocketClient
            >::iterator iter;
        iter = socketMap.find(userID);
        if (iter != socketMap.end()) {
            socketMap.erase(iter);
        }
        break;
    }

    // Envia mensagem de sinalização se o estado
    da interface é atualizado
    case EE_EmoStateUpdated:
    {
        //std::cout << "Alteração de estado do
        usuário " << userID << "... " << std::endl
        ;

        EE_EmoEngineEventGetEmoState(eEvent,
            eState);
    }
```

```
        std::map<unsigned int, SocketClient
            >::iterator iter;
        iter = socketMap.find(userID);
        if (iter != socketMap.end()) {
            sendExpressivAnimation(iter->
                second, eState);
        }
        break;
    }

// Trata ocorrência de treinamento, se for possível
case EE_ExpressivEvent:
{
    handleExpressivEvent(std::cout, eEvent);
}

        default:
            break;
    }

}

else if (state != EDK_NO_EVENT) {
    std::cout << std::endl << "Internal error in
        Emotiv Engine!" << std::endl;
    break;
}

Sleep(15);
}
}
```

```
        catch (const std::exception& e) {
            std::cerr << e.what() << std::endl;
            std::cout << "Press 'Enter' to exit..." << std::endl
                ;
            getchar();
        }
        EE_EngineDisconnect();
        EE_EmoStateFree(eState);
        EE_EmoEngineEventFree(eEvent);
        return 0;
    }

    std::string numberToString(const int n) {
        char buf[80];
        _itoa(n, buf, 10);
        return std::string(buf);
    }
}
```

Algoritmo 8: package void sendExpressivAnimation;

```
void sendExpressivAnimation(SocketClient& sock, EmoStateHandle
    eState) {
    std::ostringstream output;
```



```
EE_ExpressivAlgo_t upperFaceType =
    ES_ExpressivGetUpperFaceAction(eState);
EE_ExpressivAlgo_t lowerFaceType =
    ES_ExpressivGetLowerFaceAction(eState);
float upperFaceAmp = ES_ExpressivGetUpperFaceActionPower(
    eState);
float lowerFaceAmp = ES_ExpressivGetLowerFaceActionPower(
    eState);
if (ES_ExpressivIsBlink(eState)) {
    output << "B,";
}
if (ES_ExpressivIsLeftWink(eState)) {
    output << "l,";
}
if (ES_ExpressivIsRightWink(eState)) {
    output << "r,";
}
if (ES_ExpressivIsLookingRight(eState)) {
    output << "R,";
}
if (ES_ExpressivIsLookingLeft(eState)) {
    output << "L,";
}
if (upperFaceAmp > 0.0) {
    switch (upperFaceType) {
        case EXP_EYEBROW: output << "b"; break;
```

```
        case EXP_FURROW: output << "f"; break;
        default:      break;
    }
    output << numberToString(static_cast<int>(
        upperFaceAmp*100.0f)) << ",";
}
if (lowerFaceAmp > 0.0) {
    switch (lowerFaceType) {
        case EXP_CLENCH: output << "G"; break;
        case EXP_SMILE:  output << "S"; break;
        case EXP_LAUGH:  output << "H"; break;
        case EXP_SMIRK_LEFT: output << "sl"; break;
        case EXP_SMIRK_RIGHT: output << "sr"; break;
        default:      break;
    }
    output << numberToString(static_cast<int>(
        lowerFaceAmp*100.0f)) << ",";
}
std::string outString = output.str();
// Remove the last comma
if (outString.length()) {
    outString.resize(outString.length()-1);
}
if (!outString.length()) {
    outString = std::string("neutral");
}
}
```

```
sock.SendBytes(outString);
```

```
}
```

Algoritmo 9: package void handleExpressivEvent;

```
void handleExpressivEvent(std::ostream& os, EmoEngineEventHandle
    expressivEvent) {
    unsigned int userID = 0;
    EE_EmoEngineEventGetUserId(expressivEvent, &userID);
    EE_ExpressivEvent_t eventType = EE_ExpressivEventGetType(
        expressivEvent);
    switch (eventType) {
        case EE_ExpressivTrainingStarted:
        {
            os << "Treinamento de Expressão iniciado";
            break;
        }
        case EE_ExpressivTrainingSucceeded:
        {
            os << "Treinamento de Expressão bem sucedido
                ";
            break;
        }
        case EE_ExpressivTrainingFailed:
        {
            os << "Treinamento de Expressão com erro";
            break;
        }
        case EE_ExpressivTrainingCompleted:
```

```
        {
            os << "Treinamento de Expressão terminado";
            break;
        }
    case EE_ExpressivTrainingDataErased:
    {
        os << "Treinamento de Expressão apagado";
        break;
    }
    case EE_ExpressivTrainingRejected:
    {
        os << "Treinamento de Expressão descartado";
        break;
    }
    case EE_ExpressivTrainingReset:
    {
        os << "Treinamento de Expressão reiniciado";
        break;
    }
    case EE_ExpressivNoEvent:
    default:
        //@@ unhandled case
        assert(0);
        return;
    }
    promptUser();
```

```
}
```

Algoritmo 10: `package bool handleUserInput;`

```
bool handleUserInput() {
    static std::string inputBuffer;
    char c = _getch();
    if (c == '\r') {
        std::cout << std::endl;
        std::string command;
        const size_t len = inputBuffer.length();
        command.reserve(len);
        // Converte os caracteres para minúsculo
        for (size_t i=0; i < len; i++) {
            command.append(1, tolower(inputBuffer.at(i)))
                ;
        }
        inputBuffer.clear();
        bool success = parseCommand(command, std::cout);
        promptUser();
        return success;
    }
    else {
        if (c == '\b') { // Backspace key
```

```
        if (inputBuffer.length()) {
            putchar(c);
            putchar(' ');
            putchar(c);
            inputBuffer.erase(inputBuffer.end()
                               -1);
        }
    }
    else {
        inputBuffer.append(1,c);
        std::cout << c;
    }
}
return true;
}

void promptUser()
{
    std::cout << "ExpressivDemo> ";
}
```

Algoritmo 11: package EcoligMapView Manifest;

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?> <manifest
  xmlns:android ←—" http://schemas.android.com/apk/res/android" ;
  //;
  // Define o nome do PACKAGE como ECOLIG.hellomapview;
  // e a versão que vai executar os signos ECOLIG;
  package ←—" com.ecolig.hellomapview" ;
  android:versionCode ←—" 1" ;
  android:versionName ←—" 1.0" > ;
  //;
  // Determina um ícone para evocar a aplicação;
  < applicationandroid:icon ←—" @drawable/icon";
  //;
  // Prepara a apresentação do nome da aplicação EcoligMapView ;
  // e sinaliza que será utilizada a biblioteca Google Maps;
  android:label ←—" @string/app_name" > ;
  < uses-libraryandroid:name ←—" com.google.android.maps"/ >;
  //;
  // Utiliza as "strings" MAIN e LAUNCHER para comunicar ao ;
  // Android o que deve ser executado assim que a aplicação for iniciada;
  < activityandroid:name ←—" .ecoligmapview";
  android:label ←—" @string/app_name" >;
  < intent-filter >;
  < actionandroid:name ←—" android.intent.action.MAIN"/ >;
  < category;
  android:name ←—" android.intent.category.LAUNCHER"/ >;
  < /intent-filter >;
  < /activity >;
  < /application >;
  //;
  // Solicita as permissões para acesso à Internet, aos mapas remotos da Google;
  // ao emulador de dispositivos móveis "versão 5";
  // para as funções de rede, do Google Maps e do protocolo ECOLIG.;
  < uses-permission;
  xmlns:android ←—" http://schemas.android.com/apk/res/android";
  android:name ←—" android.permission.INTERNET" >;
  < /uses-permission >;
  < uses-permission;
  xmlns:android ←—" http://schemas.android.com/apk/res/android";
  android:name ←—"
  android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION" >;
  < /uses-permission >;
  < uses-sdkandroid:minSdkVersion ←—" 5"/ >;
  ;
  < /manifest >;

```

Algoritmo 12: package EcoligMapView Main;

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RelativeLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
android:id="@+id/mainlayout" android:orientation="vertical"
android:layout_width="fill_parent" android:layout_height="fill_parent" >
<LinearLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
android:orientation="vertical" android:layout_width="fill_parent"
android:layout_height="fill_parent" >
<com.google.android.maps.MapView android:id="@+id/mapview1"
android:layout_width="fill_parent" android:layout_height="fill_parent"
android:enabled="true" android:clickable="true"
android:apiKey="0TYI-FzEtsBsR8fCOTDfbyFGnwsbrUE_q0uWfcA" />
</LinearLayout>
/>
</RelativeLayout>
```

Algoritmo 13: package ecoligmapview extends MapActivity ;

```

public class ecoligmapview extends MapActivity ;
private MapView mapView;
private MapController mc;
/** Chamado quando o teste é iniciado. */;
@Override;
public void onCreate(Bundle savedInstanceState) ;
super.onCreate(savedInstanceState);
setContentView(R.layout.main);
mapView = (MapView) findViewById(R.id.mapview1);
mc = mapView.getController();
String coordinates[] = "-22.821184", "-47.066394";
double lat = Double.parseDouble(coordinates[0]);
double lng = Double.parseDouble(coordinates[1]);
double x = (lat * 1E6);
double y = (lng * 1E6);
GeoPoint p = new GeoPoint(
(int) (lat * 1E6), ;
(int) (lng * 1E6));
mc.animateTo(p);
mc.setZoom(10);
mapView.setSatellite(true);
mapView.setStreetView(true);
mapView.invalidate();
;
@Override;
protected boolean isRouteDisplayed() ;
return false;
;
;
public boolean onKeyDown(int keyCode, KeyEvent event) ;
switch (keyCode) ;
case KeyEvent.KEYCODE_3;
mc.zoomIn();
break;
case KeyEvent.KEYCODE_1;
mc.zoomOut();
break;
;
return super.onKeyDown(keyCode, event);
;
;

```

Apêndice C

Subconjunto de Recomendações do Protocolo ECOLIG

Recomendações ECOLIG - Movimento

Signos da Categoria Humanista – Classe Movimento

ecoNeut –

ecoPush – (tz)

ecoPull – (tz)

ecoLift – (ty)

ecoDrop – (ty)

ecoLeft – (tx)

ecoRigh – (tx)

ecoRlef – (angulo [, cx, cy])

ecoRrig – (angulo [, cx, cy])

ecoRclo – (angulo [, cx, cy])

ecoRctc – (angulo [, cx, cy])

ecoRfor – (angulo [, cx, cy])

ecoRrev – (angulo [, cx, cy])

ecoDisp –
