

SUSANE MARTINS LOPES GARRIDO

**MODELAGEM DE OBSERVAÇÃO COGNITIVA EM AMBIENTE DIGITAL
ACOMPANHADA POR IMPRESSÕES ELETROFISIOLÓGICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para a qualificação do título de Doutora em Informática na Educação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia Behar

Porto Alegre

2005

SUSANE MARTINS LOPES GARRIDO

**MODELAGEM DE OBSERVAÇÃO COGNITIVA EM AMBIENTE DIGITAL
ACOMPANHADA POR IMPRESSÕES ELETROFISIOLÓGICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para a qualificação do título de Doutora em Informática na Educação.

Aprovado em de de

Prof^a. Dr^a. Patrícia Alejandra Behar - Orientadora

Prof^a. Dr^a. Cleci Maraschin – Co-orientadora

Prof^a. Dr^a. Iván Izquierdo

Prof^a. Dr^a. Valdemarina Bidone de Azevedo Souza

Prof^a. Dr^a. Gunther Gerhardt Lew

RESUMO

Esta Tese apresenta uma Pesquisa experimental sobre a Criação de uma Modelagem para observação da Cognição humana em uma interface digital utilizando-se de impressões eletrofisiológicas. Trata-se de um estudo interdisciplinar que envolve áreas do conhecimento como a Educação, Neurociência cognitiva, Informática e outras áreas, na transversalidade, como a Filosofia e a Psicologia. Propõe um conceito para os processos de percepção e representação humanas e os expressa sob forma de atividades cognitivas (via percepção visual) no ambiente digital criado para o experimento, e depois os associa, tentando interpretações (neurocognitivas) aos sinais eletrofisiológicos captados pelo eletroencefalograma.

Palavras-chave: cognição – percepção – representação – eletrofisiologia - interdisciplinaridade

ABSTRACT

The study is about an interdisciplinary research to demonstrate the fundamental relations involving education, cognitive neuroscience, and computing to understanding of the human cognitive functions. Together applies philosophy and psychology as transversal sciences. The research produces the development of a modeling (called JCP) to detection of the human perception and representation in digital environments. The theoretical bases are in cognitive science specifically the cognitive functions knowledge to develop the learning processes in human being. The EEG (Electroencephalography) is applied to detect perception frequencies during individual performances inside of the digital environment and the accomplishment of the test in relation at cognitive variables selected to the perceptive process. The aim of this research is to show the modeling efficiency and the first results tested in human being.

Key-words: cognition – perception – representation – electrophysiology - interdisciplinarity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa conceitual - Relação entre Memórias.....	24
Figura 2: Localização dos lobos cerebrais: occipital, frontal, temporal e parietal	26
Figura 3: Mapa conceitual - Pensamento, percepção e memória	28
Figura 4: Esquema - Compreensão do reconhecimento das formas através da inversão	31
Figura 5: Esquema - Percepção e Representação a partir de Piaget.....	34
Figura 6: Quadro-esquema - percepção e abstração empírica.....	35
Figura 7: Mapa conceitual - Relação entre Pensamento, Símbolos, Sensações e Memória.....	39
Figura 8: Esquema - Evolução e Cultura.....	40
Figura 9: Mapa conceitual – Percepção visual	45
Figura 10: Sistema visual humano.....	46
Figura 11: Cones, bastonetes e células nervosas	47
Figura 12: Percepção visual logarítmica	48
Figura 13: Contraste simultâneo.....	49
Figura 14: Esquema ilustrativo - para o funcionamento da Visão a partir da suposição	48
Figura 15: Esquema - Ilusões X Suposições	52
Figura 16: Visão em estéreo	53
Figura 17: O vaso de Rubin (e os dois rostos).....	56
Figura 18: O triângulo de Kanisza (com o triângulo imaginário em branco)	56
Figura 19: Triângulos de Attneave	57

Figura 20: QUADRO Still-life with Quince, Cabbage, Melon and Cucumber.....	61
Figura 21: QUADRO Uwe Schnatz Stilleben nach Juan Sanchez-Cotán	62
Figura 22: Fluxo dos Sistemas do <i>G Maker</i>	66
Figura 23: Curvas de expectativa dos métodos de aprendizagem.....	67
Figura 24: Exemplo de Teste de Labirinto	67
Figura 25: Labirinto com uma única saída	68
Figura 26: Fluxo processamento e avaliação no Gmaker.....	69
Figura 27: Game Maker e variações no campo de prova	70
Figura 28: Córtex cerebral, lobos, Wernicke e Broca	72
Figura 29: Estruturas básicas de um neurônio.....	74
Figura 30: Sentido do impulso nervoso e das sinapses	74
Figura 31: Eletrogênese do potencial cortical	79
Figura 32: Tabela - Ritmos característicos do EEG normal e sua faixa de frequências.....	81
Figura 33: Ritmo Alfa	82
Figura 34: Ritmo Beta	82
Figura 35: Ritmo Delta.....	83
Figura 36: Ritmo Theta	83
Figura 37: Ritmo Sigma ou Beta 1	84
Figura 38: Colocação dos eletrodos para a aquisição do EEG, Sistema 10-20.....	84
Figura 39: Captação de Sinal com EEG	86
Figura 40: Classificação dos sinais bioelétricos de acordo com suas características.....	88
Figura 41: Fluxo informação-percepção-representação	103
Figura 42: Design do JCP 1 com a Espiral.....	105
Figura 43: Protocolo de tarefas.....	105
Figura 44: Fluxo dos Sistemas.....	108
Figura 45: Módulo de Observação Participante / Intervenção	109
Figura 46: Imagem Camuflagem.....	110

Figura 47: Variações de tarefas	111
Figura 48: (JCP) - Esquema de Conversão.....	114
Figura 49: JCP I / EEG	117
Figura 50: Mapa conceitual: Análise dos dados	121
Figura 51: Plotagem eletrodos.....	122
Figura 52: Ruído em EEG	122
Figura 53: Modelo do Labirinto	130
Figura 54: Logs coletados de um Teste no dia 11/08/2005.....	132
Figura 55: do Sistema <i>ATOM TIME</i>	133
Figura 56: <i>Fourier</i> na Modelagem cognitiva JCP.....	151
Figura 57: Tipos de Atividades Intelectuais (PIAGET).....	160
Figura 58: Mapa Conceitual – Considerações Finais	162

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 CONTEXTO DE PESQUISA, PROBLEMA E OBJETIVOS	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 As funções cognitivas humanas sob uma ótica interdisciplinar	20
2.1.1 A Cognição humana vista pela biofilosofia	21
2.1.2 A cognição humana via Piaget e sua Análise Psicogenética.....	28
2.1.2.1 Relações topológicas, projetivas e euclidianas	30
2.1.2.2 Percepção e Representação	33
2.1.2.3 O Processo de Abstração	34
2.1.3 As Neurociências cognitivas	37
2.1.4 A Complexidade da Cognição.....	41
2.2 Percepção Visual Humana	44
2.2.1 A percepção das cores	46
2.2.2 Percepção visual e Cognição.....	49
2.2.3 Imagens mentais	59
2.2.4 A Percepção e a Arte: a realidade do imaginário	60
2.3 Interface e Tecnologia para uma modelagem cognitiva	62
2.3.1 Interface digital	63
2.3.2 Fundamentos e Potencialidades da Plataforma <i>Game Maker</i>	64
2.3.3 Testes e procedimentos com <i>Game Maker</i>	67

2.4 O Sistema Nervoso Central e as sinapses	71
2.4.1 O Sistema Nervoso Central	71
2.4.2 Os Impulsos nervosos.....	73
2.4.3 As Sinapses	76
2.5 Análise via eletrogênese e fluxo sanguíneo cerebral (EEG).....	77
2.5.1 Os Sinais de EEG	78
2.5.2 Características do Sinal de EEG.....	80
2.5.3 Componentes do Sinal de EEG	81
2.5.3.1 Atividade alfa.....	81
2.5.3.2 Atividade beta	82
2.5.3.3 Atividade delta.....	82
2.5.3.4 Atividade theta.....	83
2.5.3.5 Atividade sigma ou beta 1	83
2.5.4 Captação dos Sinais de EEG	84
2.6 Cognição e Eletrofisiologia: alguns ensaios	88
2.7 Cognição: o olhar construído.....	95
3 MÉTODO	97
3.1 APRESENTAÇÃO E TIPO DE ESTUDO DESENVOLVIDO	97
3.1.1 Aspectos éticos	99
3.1.2 População e a Amostra.....	100
3.1.3 Condições necessárias à amostra para o teste	101
3.2 PARTE EXPERIMENTAL	102
3.2.1 Construção da interface digital (ambiente jogo) – Fase I.....	102
3.2.1.1 O design do Jogo (JCP) na Plataforma G Maker.....	104
3.2.1.2 Design físico e cognitivo: as variáveis	107
3.2.1.3 Conversão das variáveis <u>físicas</u> em <u>cognitivas</u>	110
3.2.1.4 O Design do JCP I acoplado ao EEG	112
3.2.1.5 A testagem Piloto.....	115
4 ANÁLISE DOS DADOS	119
4.1 Viabilidade do experimento: análise do teste piloto.....	120
4.2 Os Entraves	123
4.3 Condições do JCP I e os arquivos EEG.....	124

	10
4.4 (Des)(Re)Construção da modelagem: A Geração recursiva do JCP II - Fase II	126
4.4.1 Novo design do jogo	127
4.4.2 Sincronia temporal	130
4.4.3 A aquisição dos Sinais.....	131
4.5 Análises específicas dos testes.....	134
4.6 Cruzamento de dados através da transformada de Fourier	147
5 DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	151
6 TRABALHOS FUTUROS	156
6.1 Trilhando idéias	156
6.2 Constituindo algumas... A modelagem e uma análise via psicologia cognitiva.....	157
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	159
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
APÊNDICES	169

INTRODUÇÃO

A Tese **Modelagem de uma observação cognitiva em ambiente digital acompanhada por impressões eletrofisiológicas** trata de uma Pesquisa experimental sobre Cognição humana a partir de funções cognitivas, de memória e de percepção.

As bases teóricas investigadas perpassam a Educação, a Informática e as Neurociências cognitivas a fim de caracterizar a natureza interdisciplinar e complexa que cerca o tema da Cognição humana.

O objeto é constituído de uma visualização de expressões cognitivas humanas diante dos adventos tecnológicos digitais da atualidade e de impressões eletrofisiológicas registradas pela eletroencefalografia.

O presente estudo está subdividido em **6** capítulos. No capítulo **1** aborda-se o **Contexto de Pesquisa, Problema e Objetivos**, no qual a pesquisa foi gerada, a construção do *problema* e os *objetivos*. Contemplam-se aspectos da ciência cognitiva, da neurociência e das tecnologias digitais discutindo-se os diferentes posicionamentos teóricos, mas manifestando de forma intencional, a possibilidade interdisciplinar dessas contribuições para os objetivos contidos nessa investigação.

O capítulo **2** trata do **Referencial Teórico** no qual se aporta o estudo. É subdividido em seis partes: A primeira discute as *Funções cognitivas humanas sob uma ótica interdisciplinar*, a segunda é referente à *Percepção visual*, a terceira aborda a *Interface e a Tecnologia necessárias para uma Modelagem cognitiva*, a quarta dá uma pequena visão sobre

O Sistema Nervoso Central e as Sinapses, a quinta mostra o que vem a ser uma *Análise via Eletrogênese e Fluxo Sanguíneo Cerebral (EEG)* e a última mostra algumas das últimas pesquisas sobre *Cognição e análise eletrofisiológica (EEG)*.

O capítulo **3** é referente ao **Método** da Pesquisa e apresenta o Tipo de estudo desenvolvido e a Parte experimental, relativa à Coleta dos Dados.

O capítulo **4** trata da **Análise dos dados**, mostra as etapas da Aplicação das Testagens, (Jogo e EEG), e as analisa aos olhos do referencial. Descreve todo o processo de Imersão dos sujeitos no ambiente digital e a Captação dos sinais eletrofisiológicos (via EEG).

O capítulo **5** refere-se à **Discussão e interpretação dos dados** resgatando as sub questões da Pesquisa e seus indicadores, a fim de discuti-los à luz das evidências e descobertas dos estudo.

O capítulo **6** aponta os possíveis **Trabalhos futuros** a que pesquisas dessa natureza podem conceber e, por fim, as **Considerações finais** a que se chega com a presente investigação.

1 CONTEXTO DE PESQUISA, PROBLEMA E OBJETIVOS

A bioantropologia do conhecimento revelou-nos a desconcertante ambigüidade das nossas aptidões cognitivas: tantos momentos de lucidez, de perspicácia, de descobertas, de invenções, de verificações, mas também, com frequência, nos mesmos espíritos, tantos erros, cegueiras, ilusões, delírios [...] (MORIN, 2002 p. 120).

A presente pesquisa apresenta um estudo permeado pela ciência da cognição¹, não convencional, que além de aproximar, de forma interdisciplinar e complexa, tecnologia digital, neurociências, educação e filosofia, intenta fazer do próprio conhecimento, um objeto de conhecimento.

A motivação para este estudo apresenta como ponto de partida uma pergunta simples que sucede a uma rede complexa de teorias, hipóteses, metodologias e achados: - *O uso do computador pode afetar (interferir) no cérebro humano, cognitivamente?* Esta pergunta, no transcorrer da investigação, imprimiu algumas necessidades de busca em um primeiro momento, como: *Que uso? Qual é a relação cérebro-cognição a que se refere? Quais os aportes teóricos?* E mais adiante, suscitou necessidades metodológicas, como: - *Seria possível visualizar isso? De que forma?*

Desse “desejo”, a transposição para objetivo encontra um caminho para sua realização que se configura com a criação e validação de uma modelagem para cognição humana mediada pelo uso de tecnologias digitais, que mais tarde incorpora incrementos advindos das teorias estudadas.

Essas sub-questões incorporaram concepções atuais sobre as Tecnologias digitais, (mais precisamente a interação humano-computador) como artefatos geradores de mudanças no ser-humano, ou seja, promotores de transformações reais da vida. Essas mudanças afetam

¹ Ciência da cognição: Aqui defendida por *Edgar Morin* através da idéia de *Jean-Louis Lê Moigne*. Em *O Método 3: O Conhecimento do conhecimento*: 2005.

diretamente os comportamentos, os conhecimentos, as formas de se ver o mundo, as relações, o aprender e portanto, a própria sobrevivência.

A imersão da humanidade nessa *nova onda*, o mundo digital, seja para fins educacionais, comerciais ou de entretenimento provoca o surgimento de diferentes linguagens e diferentes narrativas no decurso da vida. Os indivíduos passam a ser e a viver como incorporações do novo meio e uns dos outros, potencializando assim construções de significados (individuais) intrincados de “vozes sociais”² da coletividade.

Esse novo indivíduo se autoproduz e produz uma nova lógica de conhecimento, modificando assim, o processamento de funções cognitivas como, por exemplo, a memória e a percepção. Fatores como a velocidade, a multiplicidade e a não-censura da informação são fatores estruturais de uma nova ordem. Para Levy (1998), quanto mais o ciberespaço se expande, mais universal, indeterminado e imprevisível, o mundo das informações se transforma. Assim, mecanismos analógicos são substituídos por sistemas digitais, memorizações por bancos de dados, projeções teóricas por simulações e assim por diante. Isso tudo gerando transformação dos processamentos dos conhecimentos já que as estruturas mentais para a aprendizagem da atualidade, são outras.

Segundo Valente (1999), as tecnologias, e em especial a informática na educação possui dois papéis, o de permitir a comunicação do mundo externo com o mundo interno (da escola) e o de apoiar a realização de uma educação que forme os alunos “[...] possibilitando o desenvolvimento de habilidades que serão fundamentais na sociedade do conhecimento” (VALENTE, 1999, p. 46).

Nessa perspectiva, a Informática, interpenetrada pela ciência cognitiva pode vir a potencializar argumentos para a visualização e ampliação dos processos cognitivos, enfoque temático deste estudo.

² “Vozes sociais”: esse termo pertence a Bakhtin e é usado por Faraco (1998) no sentido da construção do signo a partir da pluralidade discursiva . *O homem não é mais o que era, mas o que somos.*

De que Ciência(s) cognitiva(s) ou Ciência(s) da Cognição, está-se falando nesta investigação?

Diante de uma idéia de Ciência cognitiva, Imbert (ANDLER, 1998) refere-se ao estudo da inteligência humana desde sua estrutura formal e biológica até suas expressões psicológicas, antropológicas e lingüísticas sendo, portanto, compreendida a partir da interrelação entre ciências que estudam o cérebro, a psicologia, a informática, a antropologia, a lingüística e a filosofia dentre outras; uma perspectiva interdisciplinar. Nesta linha, encontra-se a Biofilosofia de Meyer (2002), tendência que aproxima as ciências biológicas, físicas e humanas para uma maior compreensão sobre os fenômenos cognitivos.

Para Rapaport (2000) a ciência cognitiva aproxima-se de um estudo da mente³, intentando diferenciar-se das teorias behavioristas⁴ convencionais. Essa ampliação ou diferenciação provém da interpretação do behaviorismo como um estudo (psicológico) que procura descrever o comportamento humano em termos de correlações de estímulo e de resposta, sem mencionar os estados mentais não-observáveis (incluindo construtos mentais como símbolos, idéias, ou esquemas) ou processos mentais (como pensamento, planejamento) que podem mediar essas relações. Em síntese, a idéia behaviorista em termos de cognição, veria a mente como uma caixa-preta que poderia ser compreendida em termos de (...) “comportamentos de *input-output*”⁵ (RAPAPORT, 2000, p. 227).

Para a epistemologia genética de Piaget, a cognição se dá a partir das estruturas mentais dos sujeitos e de suas interações com o mundo.

Já os “cognitivistas” de uma linha mais *computacional* da mente, procuram compreender as funções cognitivas humanas em termos de estados mentais e processos, ou

³ A ciência cognitiva é um estudo da mente (RAPAPORT, 2000).

⁴ Behavioristas: tendência da educação/psicologia fortemente orientada pelo comportamento do estímulo/resposta. Como referências, tem-se Pavlov, Thorndike e Skinner. Moreira (1999).

⁵ Tradução do inglês: “input and output” é “entradas e saídas”

como uma das analogias ao computador, “[...] em termos de algoritmos que mediam entre os input e os output”⁶ (RAPAPORT, 2000, p. 228).

Sob uma outra perspectiva encontra-se Steven Pinker (2000) e sua neurociência cognitiva. Seu referencial apóia-se na idéia de que a cognição esteja voltada para a evolução, ou seja, com uma perspectiva “computacional” da mente, onde o cérebro possui atributos superiores (a idéia de computador neural) para modificar-se e ampliar seus espectros cognitivos. Nesta visão, o cérebro não se limita a agir apenas pela interferência da cultura; no entanto, propõe a idéia de que toda a cultura está inserida no processo de evolução do homem.

Segundo Edgar Morin (2002), sob a ótica da complexidade, já se fala em *Ciência da cognição* ao invés de *Ciência cognitiva*, pois além de facilitar-se simplesmente as trocas entre conhecimentos (da cognitiva), pode-se fazer do próprio *conhecimento*, um objeto de conhecimento. Para o autor, na cognição (...) “o ato de conhecimento, ao mesmo tempo, biológico, cerebral, espiritual, lógico, lingüístico, cultural, social, histórico, faz com que o conhecimento não possa ser dissociado da vida humana e da relação social” (2005: p. 26).

[...] Vemos com dificuldade possibilidade de isolar o campo do conhecimento se temos necessidade de conceber as condições bio-antropo-sócio-culturais de formação e de emergência do conhecimento assim como os domínios de intervenção e de influência do conhecimento. Finalmente, é toda a relação entre o homem, a sociedade, a vida, o mundo que se acha atingida e problematizada de novo no e através do conhecimento do conhecimento (MORIN, 2005: p. 26).

A Modelagem aqui proposta incorpora as idéias de interdisciplinaridade contidas em *Meyer*, as idéias de interação entre sujeito/mundo de *Piaget*, os aspectos da neurociência cognitiva evolucionista de *Pinker* e da complexidade de *Morin*, para o seu desenvolvimento.

Diante de um contexto tão singular de investigação, e ao mesmo tempo, tão diverso no que se refere aos aportes teórico-metodológicos, fez-se imprescindível uma imersão sobre terrenos diferentes do conhecimento, nem por isso, antagônicos, para que o “*problema*” desta tese pudesse ser formulado e construído.

⁶ Frase original no inglês: “[...] in terms of the algorithms that mediate between input and output.”

[...] Há, portanto, para o conhecimento do conhecimento, um duplo imperativo contrário de abertura e de fechamento, sem solução *a priori*, que nos obrigará a navegar, de modo permanente, entre o risco da asfixia e o da dissolução nos problemas mais gerais e nos conhecimentos mais diversos (MORIN: 2005, p. 26)

A partir do “desejo” investigativo inicial traduzido como: *O uso do computador pode afetar (interferir) o cérebro humano, cognitivamente?* nasce o problema desta Tese que se inscreve como – **Como modelar uma observação da Cognição humana mediada pelo uso de tecnologias digitais e acompanhada por impressões eletrofisiológicas?** Como objetivos pretende observar expressões de percepção e de memória em uma atividade cognitiva, do tipo jogo, dentro de uma ambiente digital, com concomitante observação eletrofisiológica. Para seu propósito envolve a criação, o acompanhamento, a extração e interpretação dos primeiros dados gerados pela atividade experimental.

Neste estudo utiliza-se como premissa conceitual embasada nas teorias estudadas, que: *O processo de Percepção e Representação significa como interpretar uma informação, sendo essa interpretação fruto das experiências dos indivíduos (em evolução), as quais são amadurecidas pelos esquemas de desenvolvimento e guardadas na memória, para então, novamente, subsidiarem todo o processo e gerarem conhecimento.*

Nessa perspectiva o uso de tecnologias digitais se ateve a criação de um jogo digital intitulado JCP (jogo cognitivo digital) para ser utilizado por pessoas e passível de acompanhamento via EEG. Esse Jogo envolveu duas fases, (Fase I e Fase II, descritas no Método e na Análise dos dados), devido às necessidades de complementações e de modificações em sua construção para cercar, efetivamente, à idéia de observação de cognição humana.

A inferência de que a interação com o meio, altera cognitivamente os sujeitos, fundamenta-se na idéia de representação e significação de *Piaget* que chega ao processamento do pensamento (perceber e representar) a partir do sensório-motor e dos esquemas mentais. Sob essa ótica, a mudança na tomada de decisões dos sujeitos representa, de fato, a expressão da percepção/representação dos sujeitos durante execução de uma atividade cognitiva.

A formulação de um problema freqüentemente é mais essencial do que uma solução que pode ter apenas uma questão de habilidades matemática ou experimental. Levantar novas questões, novas possibilidades, ver questões antigas de um novo ângulo, exige, imaginação criadora e avanço e assinala reais avanços na Ciência (EINGSTEIN; INFIEL apud EDWARDS, 2002, p. 13).

Considerando-se, portanto, que uma atividade cognitiva desenvolvida em um ambiente digital, do tipo “jogo”, possa ser representada por funções cognitivas como a percepção e representação, e ainda, possa ser acompanhada e visualizada por meio de eletroencefalografia, esta tese disserta sobre três aspectos:

- Sobre as construções teóricas que referendam uma possibilidade de representação cognitiva por meio de um ambiente digital;
- Sobre todo o processamento experimental (educacional - computacional – neurocientífico) que envolveram a construção de uma metodologia para tal execução;
- Sobre a análise e discussão dos primeiros resultados obtidos.

As sub questões que cercam o problema desta tese são:

- 1) É possível a criação de um ambiente digital do tipo “jogo”, que expresse características cognitivas (traçadas ao longo do referencial teórico) através de variáveis físicas⁷ (nos eventos)?
- 2) Há possibilidades práticas de acoplagem e de sincronia entre um ambiente digital do tipo “jogo” com um equipamento de medição eletrofisiológica do tipo eletroencefalografia para detecção de sinais de ambos?

⁷ Variáveis físicas: Referem-se a aspectos físicos do ambiente digital como cor, espessuras, fundos que podem ser alterados.

- 3) Quais são os parâmetros, em termos de “jogo” e de “sinais de EEG” que precisam ser dimensionados para a realização destes testes?
- 4) Há significância (através da interpretação cognitiva dos sinais) no uso de *EEG* para detecção de processos cognitivos (perceptivos) neste trabalho?

Para isso foram construídos os seguintes **Indicadores** para a detecção:

- a) A transposição das variáveis cognitivas em variáveis físicas (no ambiente digital) é realizada durante a construção dos modelos da Fase I e da Fase II do experimento;
- b) A descrição dos processos de criação dos jogos, fase I e fase II, utilizando a plataforma *Game Maker*;
- c) A acoplagem dos dois sistemas através de um sincronizador de relógios;
- d) O registro dos sinais advindos do EEG (*nos sujeitos da amostra*) em sincronia com as fases inclusas do “jogo”;

O próximo capítulo aborda o Referencial teórico pesquisado para a execução desta Pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A compreensão sobre os processos cognitivos perpassa intensas interrelações entre diferentes áreas do conhecimento. É nessa perspectiva que alusões à neurociência biofilosófica e à neurociência computacional e evolutiva, assim como alusões à psicologia do desenvolvimento foram buscadas como bases para esse estudo.

Este capítulo está dividido em 5 sub capítulos discutindo os seguintes temas: *As Funções cognitivas humanas sob uma ótica interdisciplinar, a Percepção Visual, a Interface e Tecnologia para uma Modelagem cognitiva, o Sistema Nervoso Central e as Sinapses, a Análise via Eletrogênese e Fluxo Sanguíneo Cerebral (EEG), e alguns ensaios sobre a Cognição e Eletrofisiologia.*

2.1 AS FUNÇÕES COGNITIVAS HUMANAS SOB UMA ÓTICA INTERDISCIPLINAR

Uma discussão sobre Cognição humana referenda-se em inúmeras possibilidades de ordem epistemológica, pode-se percorrer um caminho behaviorista com olhar para “ações e reações”, pode-se imprimir uma alusão à genética e à cultura como elementos promovedores da cognição, mas se pode, também, pensar em atributos referentes à interação dos sujeitos com o meio, como fator de relevância para sua construção, ou se pode até, observar a cognição através de funções cognitivas, como a percepção e a memória.

O fato é, que o fenômeno “cognitivo” não pertence a uma ou outra ótica para ser analisado ou interpretado. É na interrelação entre as diferentes ciências e posturas do conhecimento que o investigam que há possibilidades para um maior entendimento. “Se o primeiro erro consiste em crer na realidade física dos sonhos, deuses, mitos, idéias, o segundo erro e de negar-lhes a realidade e a existência objetivas” (MORIN, 2005, p. 133).

2.1.1 A Cognição humana vista pela biofilosofia

Philippe Meyer (2002) parte de uma premissa interdisciplinar para o conhecimento de algumas funções cognitivas humanas. Propõe a importância da difusão dos estudos da biofilosofia, área de correlação entre as ciências humanas e sociais com a clínica neurológica e psicológica para resgatar o “ouvir científico” dos cientistas que estiveram *à mercê* de uma surdez coletiva imposta pelos preceitos de um paradigma moderno de reducionismos e fragmentações. Observando-se, por exemplo, os mecanismos da visão, percebe-se que há

por um lado, cientistas que conseguem descobrir as especificidades dos neurônios visuais; por outro, pensadores que põem em dúvida a nossa capacidade de perceber um mundo em si. [...] já não estamos nos tempos distantes da aliança entre os pensamentos e as técnicas, quando foram filósofos que fundaram a geometria, a arquitetura e a cosmologia. (MEYER, 2002, p. 10).

É o caso da correlação entre os estudos da Neurociência e da Filosofia. O conhecimento do Homem exige uma integração sintética dos processos neurológicos, ao mesmo tempo em que, nenhuma filosofia pode ser concebida sem se ultrapassar esse tipo de pensamento. Foi a leitura de um livro de Merleau-Ponty, *L'oeil et l'esprit* que me levou “a discutir sobre a subjetividades das percepções e os limites da Ciência” (MEYER, 2002, p. 11).

Na perspectiva biofilosófica, Meyer (2002) compartilha da idéia de que o cérebro, material, é autor e representante das ações que compõem os seres humanos desmitificando assim a hipótese de *Bérgson*, do começo do século XX, de que o cérebro apenas é condutor desses processos. Dentro da concepção de materialidade do cérebro, porém, há a idéia de que a materialidade de hoje talvez não seja a de amanhã, ou seja, uma constante modificação, advinda de inúmeros aspectos, funções e fenômenos ocorre sempre. Sob essa ótica, a constituição dos processos de Percepção e Representação humanos obedeceriam a uma intensa ligação não estática entre fenômenos de ordem neuronal, psicológica, cultural, social dentre outros.

Em tese, Meyer (2002) aponta para uma predisposição investigativa não tradicionalmente histórica, ou seja, propõe naturalmente, que alguns antagonismos “teóricos” ou “incoerências” ideológicas sejam revistos sob o olhar da peculiaridade e não da generalidade. Suas hipóteses lançam luzes se não sobre um achado resultante de relações e

comprovações, sobre uma pergunta sem enfoques específicos e neutros ou de perspectivas únicas e reconhecidas.

A função do pensamento não é somente resolver um problema, mas também descobrir, vislumbrar, tratar de questões fundamentais. Em geral, nas grandes descobertas, a coisa mais importante é encontrar determinada pergunta. Vislumbrar, propôr a pergunta que levará a outras é mais relevante, é uma conquista maior do que a resolução de um conjunto de perguntas (WERTHEIMER apud EDWARDS, 2002, p. 13).

Nesta perspectiva parte-se da premissa de que o cérebro controla a vida visceral, mas também as funções nobres como a consciência, o pensamento, a percepção e a emoção.

Hipoteticamente a Percepção, segundo Meyer (2002), é uma função processual que ocorre em etapas e em regiões diferentes⁸ do cérebro. Seu conceito abrange um processo que provém da “sensação” (sensorial), torna-se percepção, e constrói, ainda, significados.

Transforma-se em percepção a partir de neurônios associativos que se integram (em comunicação) com demais módulos do cérebro. (...) “Cada localização cerebral representa uma zona funcional especializada ou fortemente orientada para uma atividade *psico sensoriomotora*, fundamento dos gestos e da linguagem, do sono e do estado de vigília, das recordações e das pulsões afetivas.” (ibidem, p16). Essa definição garante a tese de *François Lhermitte (1976)* de que cada a atividade cerebral especializada está interligada ao conjunto das atividades cerebrais. E ainda, nessa especialidade está a individualidade do cérebro, ou seja, o funcionamento cerebral nunca é padrão para um indivíduo e outro. Portanto, as funções cognitivas estão representadas em diferentes partes do cérebro.

O processo de percepção envolve a idéia de significação e ambos processos, percepção e significação, são de natureza individual, ou seja, não possuem padrões; a aptidão para categorização de sensações e para recepção de estímulos é algo próprio de cada ser humano; e disso, emergem o pensamento e a linguagem.

⁸ A constatação do fenômeno da freqüência como uma possível forma de representação da percepção humana no cérebro, também é descrita em um experimento chamado “Synchronization between temporal and parietal cortex during multimodal object processing in Man” de Stein e Rappels Berger (1999) discutido em Estudo da Arte neste trabalho.

Um pensamento é um processo dinâmico e estruturado da mente humana que nasce geralmente de sensações, de percepções sensoriais ou sensitivas, de lembranças, de afetos e de emoções complexas, de conceitos ou de deduções anteriores. Pode também nascer de aparentemente nada, talvez de um inconsciente (WERTHEIMER apud EDWARDS, 2002, p. 16).

Esse processo necessita registrar uma ou mais percepções e implica a transferência da informação para uma ou várias áreas cerebrais competentes capazes de dosar e selecionar e de interferir nas zonas complementares, a fim de construir a sintaxe de uma linguagem interior.

O *pensamento*, portanto, poderia ser entendido como a capacidade do indivíduo de dominar novos meio-ambientes através de conexões neuronais (associativas) advindas de percepções anteriores (memória) e das novas informações (darwinismo neuronal).

Winder Penfield e J. M. R. Delgado “constataram que a estimulação elétrica do lobo temporal faz reviver uma experiência passada e ressurgirem algumas emoções sentidas no momento da experiência original, bem como representações sensoriais” (MEYER, 2002, p. 18); essa afirmação abre espaço para a correlação entre cérebro sensorial, cérebro afetivo e memória.

O que há na verdade, é uma conexão entre as idéias e as memórias (como lembranças/imagens) com o esquema motor. Esses sistemas não funcionam isoladamente um do outro. E a memória⁹? - Pode-se afirmar que é uma entidade composta e sem localização precisa.

Cada função cognitiva tem sido abordada da mesma maneira, sobre bases de materialidade, de localização e de circuitos associativos. A memória, que é ao mesmo tempo guia e medida dos pensamentos e das percepções sensoriais, não escapa à estratégia das neurociências em progresso (MEYER, 2002, p. 18).

Segundo Izquierdo (2002), em termos funcionais, há dois tipos de memória, a memória de trabalho e as memórias de arquivos. A memória de trabalho ou memória imediata

⁹ Memória: há forte conexão teórica entre as teses de Meyer sobre a Memória, as teses de Kandel (2000) e de Izquierdo (2002).

refere-se àquele processamento rápido da informação que ocorre quando se tem necessidade da mesma; essa memória não acarreta em arquivamento das informações. É processada pelo córtex pré-frontal e depende da atividade elétrica dos neurônios localizados nessa região e obviamente, de “estímulos” ou “necessidades” para desencadear o processo. De qualquer forma, esse tipo de memória (tido como uma espécie de gerenciador de memórias) comunica-se com as demais memórias para verificar constantemente as informações que chegam ao cérebro. Essa comunicação dá-se através das conexões entre o córtex pré-frontal, córtex entorrinal, hipocampo e demais áreas envolvidas no processo.

As Memórias de arquivos são chamadas de memórias **declarativas** e memórias **procedurais**.

As memórias declarativas são também conhecidas como memórias explícitas ou verbalizáveis. Atuam como processos criativos que recriam ou reconstróem (através de interpretações) eventos “percebidos” pelas pessoas, o que se definiria como memórias episódicas (autobiográficas); e referem-se a conhecimentos gerais, o que seriam as memórias semânticas. De qualquer forma, essas memórias não atuam de modo isolado; é comum utilizar-se de um episódio para recordação de um conhecimento, assim como o contrário. As memórias declarativas são moduladas pelas emoções e pela *psiqué*.

Isso sugere a idéia de que a recordação da realidade não é em si, uma cópia fiel da realidade porque a própria percepção da realidade também não o é, pois o cérebro transforma as informações para ajustá-las a um reconhecimento. A formação da memória explícita exige processos cognitivos (conscientes) avaliativos e comparativos. Pode-se dizer que a linguagem humana está associada a essa memória, pois no cérebro frontal, na região de *Broca*¹⁰, há uma conexão para aquisição da linguagem permitindo sua repetição.

A outra memória, chamada memória procedural, procedimental ou implícita, refere-se às “memórias de capacidades ou habilidades motoras ou sensoriais e o que habitualmente chamamos de ‘hábitos’” (IZQUIERDO, 2002, p. 23).

¹⁰ *Broca*: Paul Broca (1861) demonstra relação (não exclusividade) entre a linguagem e o tecido de uma região frontal esquerda do cérebro, a região de Broca.

Tanto Meyer (2002) quanto Kandel (2000) afirmam que a memória procedural ou implícita não possui necessidade da existência de processos cognitivos para ocorrer; funciona automática e reflexivamente como as habilidades motoras e perceptivo-sensoriais. Forma-se no curso das repetições e não é expressa em palavras. De um ponto de vista mais cognitivo, o funcionamento dessa memória sugere que aspectos que facilitam o condicionamento clássico¹¹ nos indivíduos, processam-se nela.

O funcionamento destas memórias (explícitas e implícitas) envolve um bom desenvolvimento funcionamento do córtex pré-frontal e da memória de trabalho. O esquema a seguir ilustra as relações entre as memórias até então citadas:

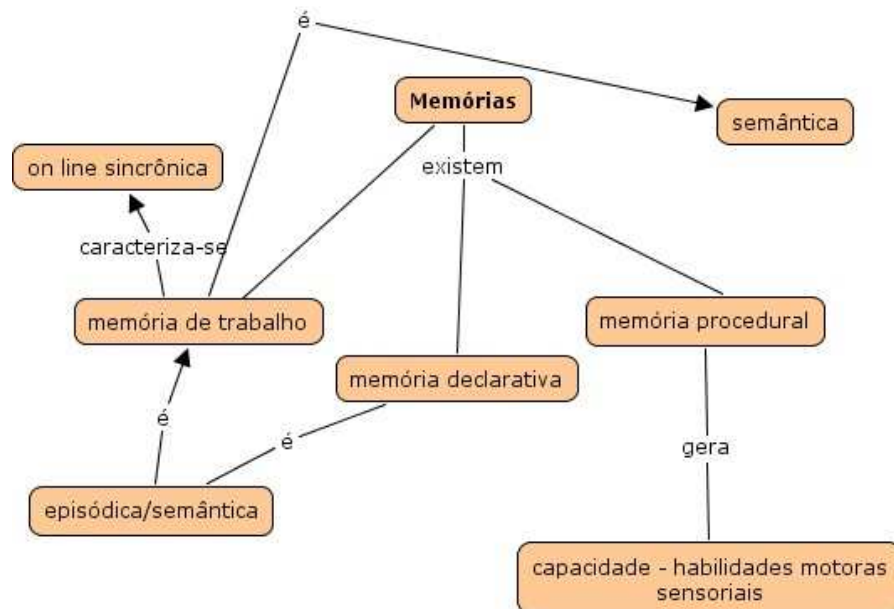


FIGURA 1: Mapa conceitual¹² - Relação entre Memórias

Quanto ao processamento da memória (geral), há dois momentos, um momento de curto-prazo e outro de longo-prazo. A memória de curto-prazo funciona como uma espécie de “depósito das informações” que entram no cérebro. A capacidade de armazenamento dessas informações é bastante pequena e de uma certa forma, isto pode promover a continuidade do processamento das informações para uma memória de longo-prazo, mais duradoura.

¹¹ Condicionamento clássico: processo de condicionamento de previsibilidade dos fatos; atua como um meio dos processos mentais superiores ocorrerem (KANDEL et al, 2000).

¹² **Mapa conceitual: Todos os mapas conceituais e esquemas desta tese foram elaborados pela autora**

De acordo com Meyer (2002), informações como as visuo-espaciais, localizadas em algumas regiões do hemisfério direito do cérebro (como o *occipital*, *frontal* e *parietal*)¹³ assim como as conexões para a linguagem (na região de *Broca* e no lobo parietal) são ativadas pela memória de curto-prazo. Já a memória de longo-prazo depende da ativação de regiões do córtex cerebral realizada pelo hipocampo, localizado no lobo temporal mediano.

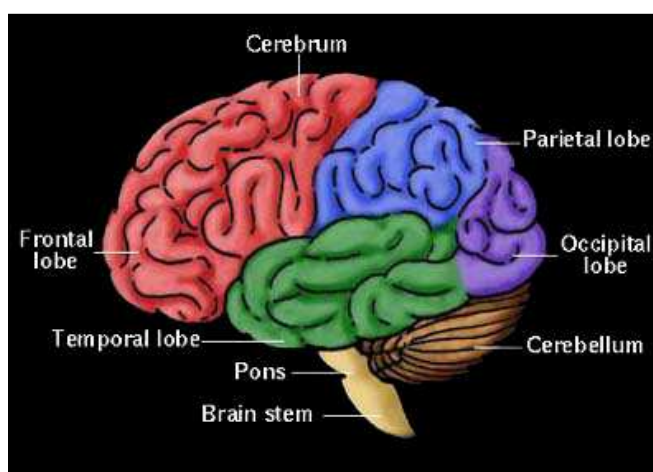


FIGURA 2: Localização dos lobos cerebrais: occipital, frontal, temporal e parietal

Entretanto, embora existam diferentes classificações para a memória, há uma certa mistura entre todos os tipos de memórias ao sofrerem evocações ou serem constituídas; o que de uma certa forma, também representa a presença das “memórias” em todos os processamentos cognitivos, e em especial nos processos de percepção e representação, aqui estudados.

No entanto, Kandel (2000) afirma que determinados processos que envolvem e são envolvidos pela memória (como os mencionados) e outros como a relação entre alterações cerebrais (em algumas regiões do cérebro como as habitadas pelas memórias) e os comportamentos, ou como as mudanças sinápticas e a memória, ainda são bastante desprovidos de conhecimentos na literatura da neurobiologia.

¹³ Lobos demonstrados na figura a seguir (foto extraída de www.sciencebob.com/lab/bodyzone/brain.html).

Portanto, tanto na aquisição quanto na interpretação da informação, os aspectos perceptivos e representativos estão diretamente conectados a algum tipo de memória.

Desses achados, pode-se afirmar que todas as sensações e funções cognitivas humanas processam-se no cérebro. E há associações diretas entre as funções cognitivas e ações do sujeito como a linguagem; o próprio Piaget (segundo MEYER, 2002), em seus estudos sobre a linguagem¹⁴, garante que a perda da faculdade da fala (expressão) e/ou a perda da compreensão não representam a eliminação das atividades intelectuais não-lingüísticas. Isso significa que a linguagem, como instrumento para representação da percepção, habita mais de um território no cérebro.

Outros exemplos são as percepções do cérebro occipital (local das sensações visuais) que carregam as marcas de todas as partes do cérebro. Há, portanto, uma intensa correlação e interação entre tudo e todas as funções cerebrais cognitivas. Entretanto, há especialidades: em uma pessoa destra, por exemplo, o hemisfério direito é especializado no processamento das informações visuo-espaciais e o esquerdo, é dominante na linguagem.

Atualmente, com o olhar da interdisciplinaridade, o espectro das investigações cognitivas se amplia. Através de análises por imagem¹⁵, por exemplo, sabe-se que atividades de natureza físico-química, intensas acompanham as funções cognitivas cerebrais; câmeras de pósitrons registram “aumento de fluxo de sangue arterial nas regiões do cérebro referentes a uma percepção, sensação ou um movimento” (MEYER, 2002 p. 27); e ainda, é indiscutível que o cérebro possui poder de reflexão, pensamento e memória básica, desmitificando de uma vez por todas a possibilidade de sua natureza ser de origem espiritual.

Em suma, e de uma forma geral para as neurociências, o cérebro, e mais precisamente sua rede neuronal, é responsável pelos atos de cognição, sensório-motores e afetivos. As funções cognitivas humanas não só se processam no e por intermédio do cérebro como se representam através de alterações físico-químicas e elétricas no próprio cérebro, o

¹⁴ Linguagem: o primeiro trabalho de Piaget trata da linguagem: A Linguagem e o Pensamento na criança (L.P.:1923) In Montangero; Naville, 1998.

¹⁵ Análises por imagem: Testes como Tomografia computadorizada

que nos permite, por exemplo, realizar um experimento sobre percepção através de um teste digital e de observações via eletroencefalografia (EEG).

Segundo Meyer (2002, p. 35) não é certo recorrer a uma ou outra tentativa de análise para se dispor de informações sobre o pensamento humano. As explicações materialistas e espiritualistas estão longe de fornecer algum modelo que resolva todas as questões referentes ao pensamento.

Uma boa forma de sintetizar as relações interdisciplinares entre o pensamento, a percepção e a memória até aqui mencionados, é a representação desses conceitos através do mapa abaixo:

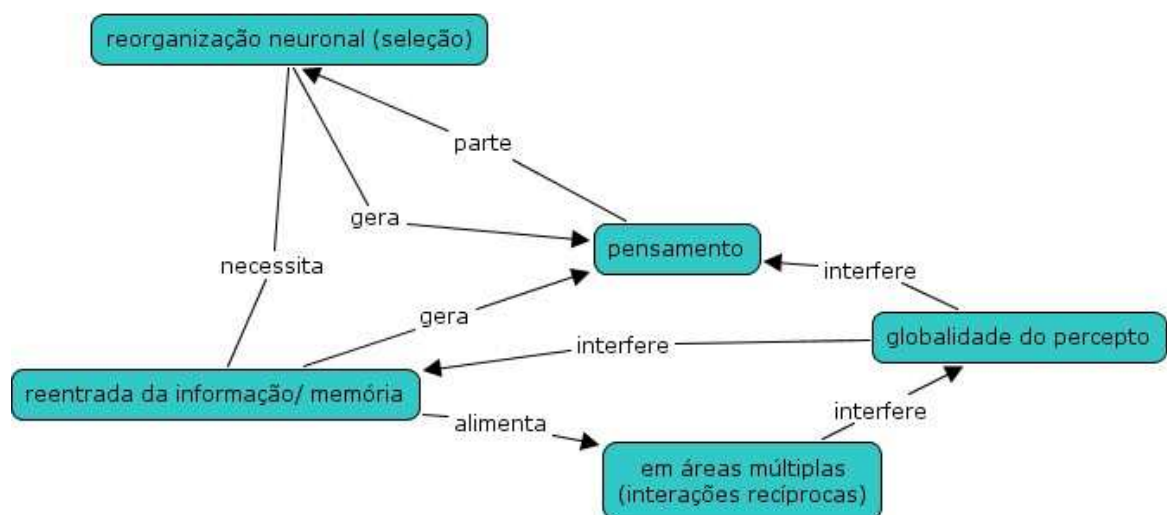


FIGURA 3: Mapa conceitual - Pensamento, percepção e memória

2.1.2 A cognição humana via Piaget e sua Análise Psicogenética

Parte-se da inferência de que os estudos de *Piaget* relativos à percepção e representação humanas, e principalmente sua análise psicogenética para a Percepção na Criança, podem ser considerados prospectivamente para a idade adulta¹⁶, incluindo seus estágios de desenvolvimento. Tal inferência surge em função de que, segundo Piaget¹⁷, a

¹⁶ Idade adulta: faixa etária em que o estudo obteve os dados práticos.

¹⁷ Em Piaget & Inhelder: 1993.

percepção é um processo que se desenvolve conforme a idade e as experiências dos indivíduos.

Para Piaget (1993) o estudo que circunda a percepção humana a partir da análise psicogenética encontra-se no fato de que a construção espacial se bifurca em dois planos diferentes: o plano perceptivo (ou sensório-motor) e o plano representativo (ou intelectual).

Para ele a grande dificuldade está na tentativa de união de duas hipóteses: uma verdadeira (também defendida por *Pinker*¹⁸) que afirma que o espaço (a ser construído) é influenciado por mecanismos perceptivos e motores, e uma falsa que afirma que a representação (ou a intuição geométrica) se limita apenas a registrar tal construção sensório-motora.

A construção real do espaço sensório-motor envolve o desenvolvimento da motricidade e da percepção e seu desenvolvimento comporta até o surgimento da linguagem e da representação figurada (função simbólica). O espaço sensório-motor não é um simples reflexo, pois pode ser reconstituído a qualquer momento. A representação surge nesse cenário, apenas depois.

Sob a perspectiva da *Modelagem cognitiva através de uma atividade do tipo, Jogo digital*, em questão, há algumas operações fundamentais para a construção do espaço como as operações lógicas¹⁹ e infralógicas que precisam ser reconhecidas. Como o estudo é feito com adultos e não com crianças, uma atenção especial é dada às operações infralógicas, pelo fato destas correlacionarem espaço e tempo e portanto, permitirem a construção de uma idéia de “todo” e de continuidade.

Segundo Piaget e Inhelder (1993), as operações infralógicas ocorrem simultaneamente na idade adulta, assim que o indivíduo é exposto a algum tipo de observação (no caso deste estudo, à observação visual).

¹⁸ *Steven Pinker*: Neurocientista defensor da Teoria evolucionista para a Mente Humana, abordado no próximo tópico deste capítulo.

¹⁹ Operações lógicas: São operações do tipo seriação, classificação.

2.1.2.1 *Relações topológicas, projetivas e euclidianas*

Há uma correlação importante entre os Períodos do desenvolvimento com os três tipos de relações para a construção do espaço: as topológicas, projetivas e euclidianas.

As Relações Topológicas são operações elementares do espaço topológicas e caracterizam-se pela idéia de continuidade e suas relações caracterizadas pela representação intuitiva. Neste tipo de relação, não se possui estabilidade na construção da imagem por não se conservarem detalhes mais expressivos dos objetos, como ângulos e retas, dentre outros. No I Período do Desenvolvimento (topológico), ocorrem cinco tipos de relações espaciais: a **vizinhança** (proximidade dos elementos percebidos num mesmo campo); a **separação** (dissociação /distinção dos elementos perceptivos); a **ordem** (sucessão espacial); a **circunscrição** (envoltório, um elemento percebido entre outros); e a **continuidade**.

Essas relações denotam que se vive em um “[...] universo sem objetos permanentes [...]” (PIAGET, 1993, p. 24) portanto sem constâncias, e que as imagens (figuras) percebidas são reconhecidas, pois são comparadas com elas mesmas como uma espécie de “homeomorfia” e comparadas com outras; todo esse processo é naturalmente intuitivo, elástico e deformável nesse período, e envolve necessariamente as memórias. No Primeiro período a mudança de perspectiva de visualização de objetos é interpretada pelo sujeito como mudança do objeto e não de seus pontos de vista.

As Relações Projetivas são mais complexas que as topológicas, pois determinam e conservam as posições reais das figuras, em comparação umas às outras. Para isso, exigem que seja fixado um ponto de referência para localizar os elementos. Segundo Behar²⁰ ([s.d.], [s.p.]

Esse sistema de referência projetiva não conserva, ainda, as distâncias e as dimensões como um sistema de coordenadas, mas as posições relativas dos elementos da(s) figura(s) uma(s) em relação às outras, o todo relacionado com um observador determinado ou com um plano comparável ao seu quadro visual.

²⁰ O crivo é de *Patrícia Behar* et al, autora do artigo Método de análise lógico-operatória de ferramentas computacionais, disponível em: <<http://www.nuted.edu.ufrgs.br/arca/quadroRevista-BeharRIE.htm>>. Acesso em: ago. 2005.

Portanto, são essas relações que englobam as noções de direita, esquerda, em cima, embaixo, na frente, atrás, etc.

No Segundo Período, os estágios correspondem à coordenação da visão e a manipulação dos objetos. A percepção é fruto de uma construção relativa ao tempo e em função da atividade sensório-motriz (movimentos do olho, exploração tátil, análise imitativa, transposições ativas).

O período atinge o ápice ao construir esquemas de manipulação já controlados pela visão e ao estabelecer a coordenação das ações entre si. Nesse período processa-se a análise das figuras ou das formas. Os objetos passam a ter a idéia de sólidos e não de objetos deformáveis ou elásticos como no período anterior.

Além disso, o reconhecimento das formas de forma imediata pode se dar em função de construções anteriores. O ponto mais importante é a constância das formas e grandezas (ex. losango e quadrado); há uma simultaneidade de organização nas relações projetivas e métricas. Sendo assim um objeto pode ser reconhecido imediatamente pelo sujeito, com sua forma usual inversa, assim como pode ser reconhecido se estiver à distância. Para Piaget o reconhecimento imediato das formas, taquitoscopicamente (sem possibilidades de movimento do olhar) dá-se em função de construções anteriores.

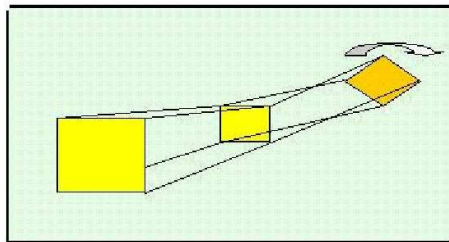


FIGURA 4: Esquema - Compreensão do reconhecimento das formas através da inversão

As Relações Euclidianas exigem um grau maior de abstração que as anteriores, pois determinam e conservam as coordenadas dos objetos. Através delas é que se constroem as idéias de conservação, comprimento e distância. Nesta noção, equivalente ao Terceiro

Período, há a liberação das relações dos objetos entre si; há o aparecimento da imagem mental e os primeiros sinais da representação.

A partir das noções das Relações de Construção do espaço, a percepção humana é vista sob a ótica das seguintes hipóteses (PIAGET,1993):

- 1) A percepção não obedece à relação simultânea de constância da forma e grandeza. Não ocorre um reconhecimento simultâneo entre relações projetivas e métricas; essa hipótese sendo verdadeira, seria suficiente a tese sobre organização da Gestalt¹;
- 2) As relações projetivas e métricas aparecem após as relações perceptivas elementares, de natureza;
- 3) A percepção do espaço comporta uma construção progressiva;
- 4) A construção real do espaço comporta os três períodos do desenvolvimento sensório-motor (do nascimento ao início da representação): o primeiro período com o estágio dos “puros reflexos” e o estágio da “aquisição dos novos hábitos”; o segundo caracterizado pelas “reações circulares secundárias” (manipulação dos objetos) e o estágio das “primeiras condutas inteligentes” e o terceiro período com o estágio das “reações circulares terciárias” (início da experimentação) e o das “primeiras coordenações interiorizadas” (compreensão de situações novas).

O aspecto que melhor define o plano perceptivo (em um primeiro momento) refere-se à idéia que comporta o esquema sensório-motriz como sendo o verdadeiro espaço da percepção, isto é, para o autor todo o comportamento (conduta) apóia-se em percepções e toda a percepção está inserida em atividades que contenham elementos motores. Dessa forma, é esse esquema em si que pode iniciar a análise das condutas humanas e não um elemento ou outro.

Para Piaget (1995) a percepção é um sistema de relações organizadas cujo equilíbrio depende de fatores como as sensações (do ponto fisiológico mesmo – evidenciando, portanto,

que a sensação não é em si, a percepção), assim como de percepções anteriores (guardadas na memória, tal qual o que Meyer (2002) também contempla em sua biofilosofia) e obviamente das percepções reais (atuais).

Outro traço importante da teoria do autor e que se faz contemplado neste estudo e a idéia de “movimento”. A transformação das percepções, segundo Piaget é chamada “movimento” (interação com o objeto). Isto significa dizer que todo o movimento pode ser chamado de transformação, do campo de percepção do indivíduo, assim como todo o campo de percepção do indivíduo é um conjunto de relações determinadas por movimentos (PIAGET; INHELDER, 1993). A questão do **equilíbrio**, portanto, poderia ser representada como o ajuste que se faz para se reconhecer os objetos em face dos elementos que constituem a percepção humana.

2.1.2.2 *Percepção e Representação*²¹

[...] antes de a criança ser capaz de imaginar, em pensamento, perspectivas ou medir objetos através de operações efetivas, já está apta a perceber projetivamente e estabelecer, através da percepção, apenas certas relações métricas implícitas; além do mais, as formas que ela percebe (...) estão muito avançadas em relação à possibilidade de reconstruir essas mesmas (PIAGET; INHELDER, 1993, p. 28).

Segundo Piaget e Inhelder (1993) a Representação prolonga a Percepção e introduz a idéia de sistema de significação no qual se tem um significante e um significado. Os significantes assim chamados são representados por símbolos e signos (as imagens) enquanto, os significados, em se tratando da representação espacial, são as transformações do próprio espaço, o que dará origem ao pensamento.

O esquema foi criado para sintetizar as idéias de Piaget sobre “movimento”, o que caracteriza com clareza, as variações ou mudanças na percepção humana a partir da triangulação objeto - sensações - memória:

²¹ O processo de Percepção e Representação para Piaget, perpassa uma etapa chamada percepção estereognóstica (percepção tátil rumo à percepção visual) a qual não será contemplada nesse estudo uma vez que não será tratada a questão tátil.

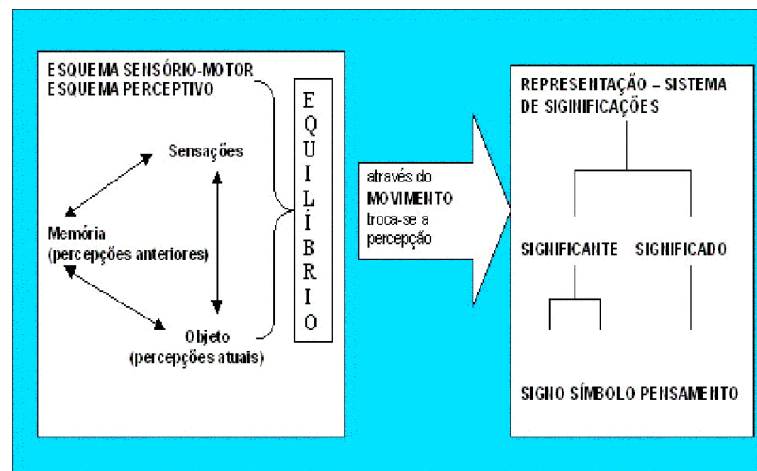


FIGURA 5: Esquema - Percepção e Representação a partir de Piaget

Há de se considerar, no entanto, que o sistema de significações de cada indivíduo, está interligado diretamente a uma ação, a um fazer. Segundo Valente (1999), Piaget²² explora bem o processo pelo qual os sujeitos desenvolvem a compreensão de conceitos presentes em tarefas. As observações de Piaget concluíram que em muitas vezes, há uma dicotomia entre a compreensão de conceitos de uma ação e a execução da própria ação. Essa transformação²³ para a compreensão exige a tomada de consciência, ou seja, um outro nível de conceitualização.

2.1.2.3 O Processo de Abstração

Parece fundamental a presença de algum argumento que sustente a idéia conceitual (inferida pela autora) de percepção e representação como processos que geram e modificam as tomadas de decisões dos sujeitos. Piaget (1995) aponta alguns caminhos para melhor se reconhecer essa conexão de ações propostas.

O Processo perceptivo e representativo envolve um aspecto (fenômeno) denominado “abstração” que merece ser discutido a fim de esclarecimento sobre o processamento da informação até o surgimento do pensamento e assim sua tomada de decisão.

²² Obra Fazer e Compreender (1978) citado in Valente 1999.

²³ Essa transformação encontra-se descrita em Piaget em: A Tomada de Consciência (1977).

Há uma distinção fundamental no processo da abstração humana: a existência da abstração empírica relacionada aos objetos e/ou aspectos ou fenômenos materiais da ação, e a abstração reflexionante a qual relaciona-se à reflexão e a todas as atividades cognitivas do sujeito a fim de proporcionar no próprio, possibilidades de novas adaptações e decisões (Piaget, p. 1995).

Na abstração empírica, relacionada a um nível mais físico, o processo depende dos instrumentos de assimilação (significação) do sujeito oriundos de seus esquemas sensório-motores ou conceituais e visa captar a “informação” do objeto através de uma espécie de *enquadramento* de suas formas já conhecidas.

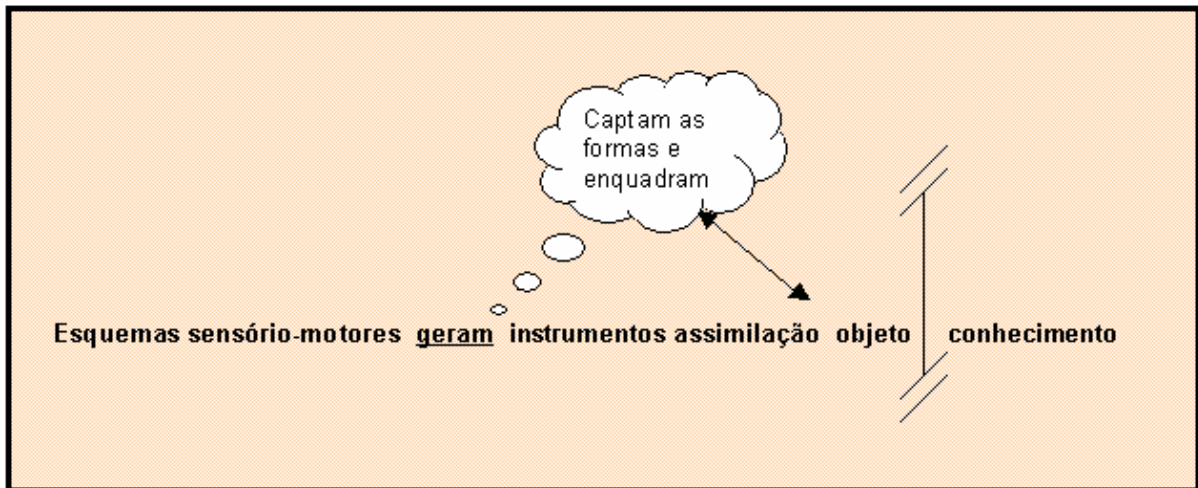


FIGURA 6: Quadro-esquema - percepção e abstração empírica

A abstração reflexionante depende daquilo que já é captado pela abstração empírica do sujeito (formas, movimentos, cores...) para poder transformar *tudo* em novas ações. Ela possui dois componentes para seu entendimento, o **reflexionamento** e a **reflexão**. O reflexionamento refere-se aquilo que ocorre depois da absorção da ação ou fenômeno como, por exemplo, conceituá-los. Já a reflexão refere-se à reordenação dos elementos extraídos anteriormente com as novas situações.

Neste estudo, por estar se trabalhando com adultos (como amostragem), vale sinalizar, embora não se tenha aprofundado este aspecto, a presença de outras duas abstrações, a **abstração refletida ou pensamento reflexivo**, uma vez que, no contexto considerado, a

reflexão é (...) “obra do pensamento” (PIAGET, 1995, p. 6); e a **abstração pseudo-empírica** que trata do processo de dedução do sujeito apoiado sobre resultados constatáveis.

[...] se a leitura destes resultados se faz a partir de objetos materiais, como se tratassem de abstrações empíricas, as propriedades são, na realidade, introduzidas nestes objetos por atividades do sujeito. Encontramo-nos, então, em presença de uma variedade de abstração reflexionante, mas com a ajuda de observáveis ao mesmo tempo exteriores e construídas graças a ela. Ao contrário, as propriedades sobre as quais se refere a abstração empírica existiam nos objetos antes de qualquer constatação por parte do sujeito (PIAGET, 1995, p. 6).

Tomando como exemplo algumas das estratégias utilizadas por Piaget para melhor visualizar as abstrações, foram realizados vários testes envolvendo o raciocínio matemático. Alguns destes testes, por exemplo, trataram de problemas de quantificação de inclusão envolvendo classes, inserindo-se questões de inferências variando essas classes, a cada vez.

A relevância destes testes para esta tese, está na possibilidade de combinações advindas do observável por essas gerarem associações cognitivas dependendo das informações extraídas do meio. Outro aspecto de relevância a ser salientado é que as variações das classes (cor, forma e grandeza) no experimento *piagetiano* é que fornecem na verdade, possibilidades de combinação e, portanto, de inferências.

No caso específico da “inclusão e da implicação” o raciocínio da inclusão é construído através de dados perceptivos dos objetos, enquanto que as implicações são construídas a partir das inferências dos dados dos objetos, ou seja, não diretamente.

Do ponto de vista da tese em questão, o fenômeno da abstração (nele implícito), possui alto grau de dedução a partir do observável e isso é o que de fato, segundo inferência da autora, gera a tomada de decisão nos sujeitos.

2.1.3 As Neurociências cognitivas

Steven Pinker (2000) utiliza-se de premissas da Teoria Computacional da Mente (TCM)²⁴ e da Teoria Evolucionista de *Darwin* para tecer suas teses sobre o funcionamento da Mente e de funções cognitivas como a percepção e a memória.

O Modelo de *Pinker* consiste em um modelo matemático/biológico que defende a idéia de que a mente humana é um sistema de órgãos computacionais evoluídos da seleção natural, que serve, antes de tudo, para desenhar estratégias de sobrevivência do ser para a vida.

O que seria a mente então? “[...] a mente é o que o cérebro faz; especificamente, o cérebro processa informações, e pensar é um tipo de computação” (PINKER, 2000, p. 32). A analogia a um modelo computacional comporta a idéia de que a mente é organizada em módulos mentais, os quais são extremamente especializados funcionalmente, mas em total interação com o mundo. A lógica desses módulos é especificada pelo programa genético de cada ser humano e é o funcionamento desses módulos que possui suas bases na seleção natural.

Entretanto, as teses, do pensamento como computação, e da lógica dos módulos com base no programa genético não se referem, respectivamente, nem à metáfora do computador e nem ao fato de que o programa genético possui supremacia à aprendizagem e nem tampouco à idéia de que tudo que se sente, pensa ou se faz seja adaptativo.

Isso ocorre porque a TCM, (a teoria de base do autor) ressalta aspectos como, o fato dos computadores serem seriais, enquanto os cérebros fazem milhões de coisas, ao mesmo tempo; os computadores serem rápidos e os cérebros serem lentos; as conexões dos computadores serem limitadas, e as dos cérebros, não, dentre muitas outras.

²⁴ TCM: Teoria constituída por cientistas da matemática (Alan Turing), da computação, (Alan Newell, Herbert Simon e Marvin Minsky), e da filosofia (Hilary Putnam e Jerry Fodor) (PINKER, 2000, p. 35).

A lógica evolucionista²⁵ do pensamento de *Pinker* aponta-se em uma idéia de processo reverso, ou seja, de desmonte do todo para compreensão de seu funcionamento, de sua interação com as partes e com o mundo. Essa perspectiva foge da idéia (limitante) de se partir do entendimento daquilo que está pronto para então compreender suas funções e aplicações.

Alguns dos fundamentos que sustentam essas teses encontram-se em uma disciplina ou abordagem chamada *Psicologia evolucionista*, criada por *John Toby e Leda Cosmides*²⁶, fusão entre a ciência cognitiva (computacional) dos anos 50 e 60 e a biologia evolucionista dos anos 60 e 70 que explicam respectivamente, como entender a mente e o porquê de se ter um tipo específico de mente.

Porém, embora com aportes na biologia e na ciência cognitiva, a idéia inclusa nos argumentos de *Pinker* (2000) refere-se a uma nova escrita sobre o funcionamento e a evolução da mente humana. A lógica desse pensamento está em algo que se poderia chamar “*TCM evolucionista*”. No mapa conceitual a seguir, essas premissas estão caracterizadas:

²⁵ A Lógica evolucionista justifica-se pela evolução do sentido da visão, tópico trabalhado nesta tese no sub capítulo sobre Percepção visual.

²⁶ John Toby e Leda Cosmides: antropólogo e psicóloga que batizaram a nova disciplina de psicologia evolucionista. (PINKER, 2000 p. 34).

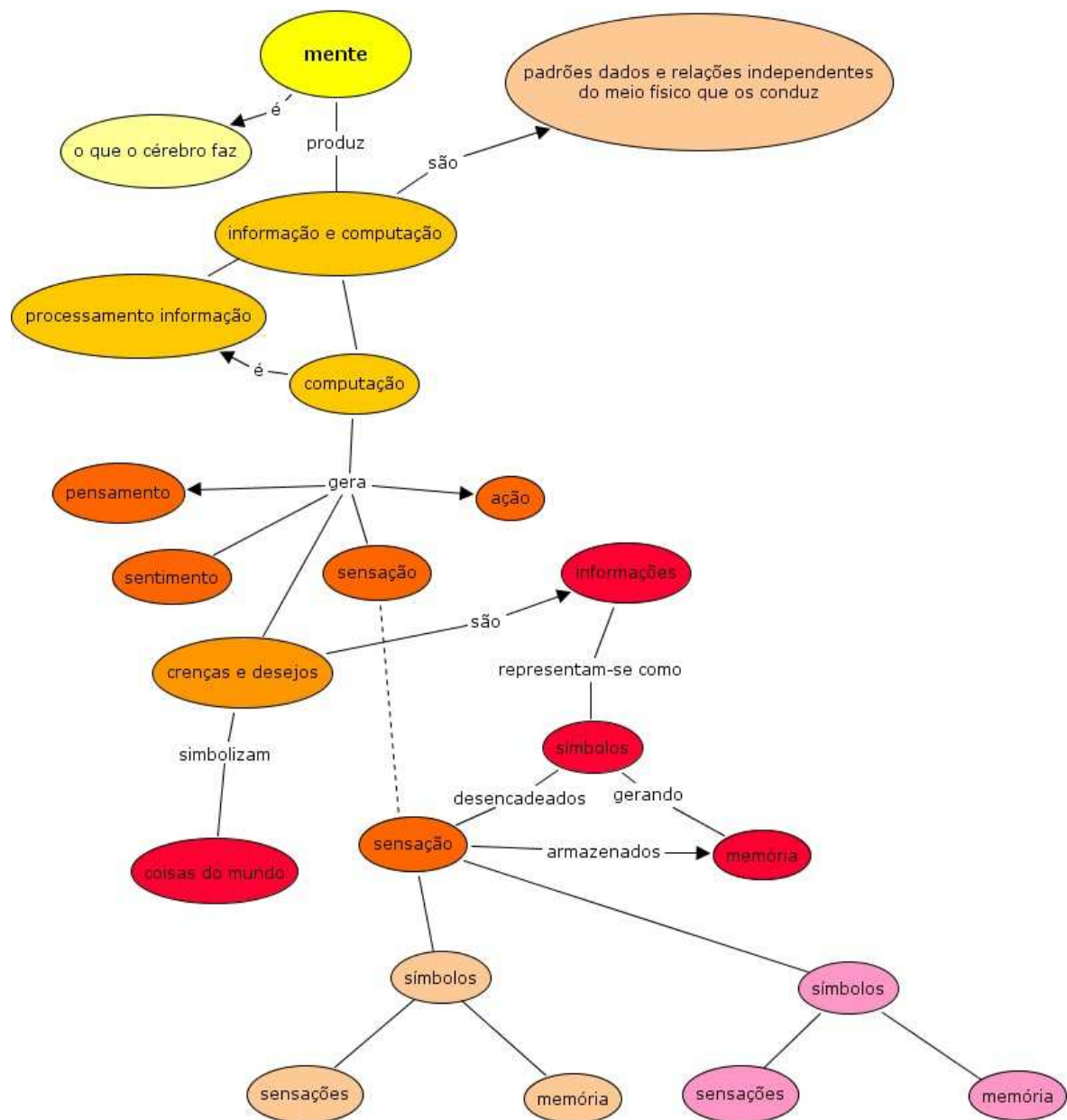


FIGURA 7: Mapa conceitual - Relação entre Pensamento, Símbolos, Sensações e Memória

O argumento em favor da TCM é de que “os cérebros e os computadores incorporam inteligência por alguma das mesmas razões” (PINKER, 2000, p.37). Sem a inteligência não seria possível compreender a evolução da mente.

As teses de *Pinker* sustentam a idéia de que o comportamento humano é, portanto, produto da evolução e não, somente, da cultura, pois os seres humanos possuem computadores neurais e não impulsos e reflexos rígidos. O argumento em favor da evolução

eclode na função do chamado “computador neural”, que é o pensar, ou seja, ação livre e estratégica determinada pelos seres humanos.

A cultura depende de um conjunto de circuitos neurais responsável pela proeza que denominamos aprendizado. Esses circuitos não fazem de nós imitadores indiscriminados; (...) Por isso é que o enfoque sobre as faculdades inatas da mente não é alternativa a um enfoque sobre aprendizado, cultura e socialização, e sim uma tentativa de explicar como essas faculdades funcionam (PINKER, 2003, p. 93).

Há um novo entendimento para a cultura que a desprenda de um papel cerceador e arbitrário e promova-a a um conjunto de idéias de inovações tecnológicas e sociais para as pessoas poderem usufruir a vida. Nesta ótica, sem dúvida alguma, o homem é criador, quando em interação e utilizador da cultura, e orientado pelos seus desejos, mas não moldado por eles (PINKER, 2003).

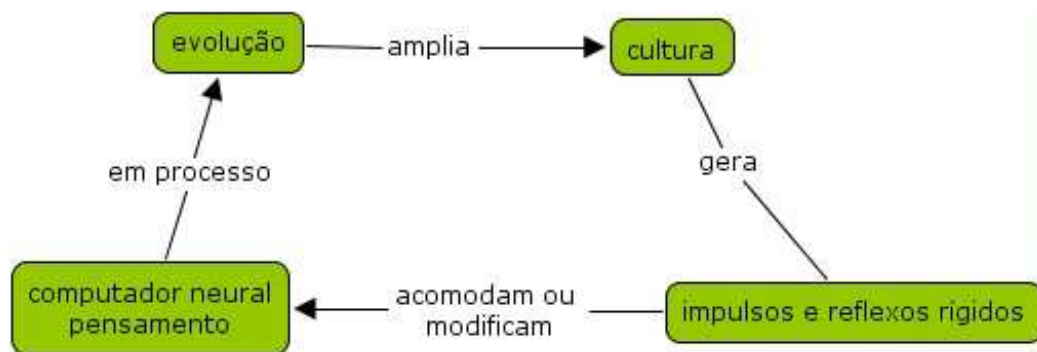


FIGURA 8: Esquema - Evolução e Cultura

Entretanto, não se pode considerar que a ótica de *Pinker* negue a cultura como fator interferente no que se percebe; há dois argumentos não excludentes para essa interpretação: o primeiro refere que, em se tratando de uma perspectiva evolucionista e computacional da mente, o cérebro possuiria atributos superiores (a idéia de computador neural) para modificar-se e ampliar seus espectros cognitivos e, portanto, não se limitaria a agir apenas pela interferência da cultura; o outro argumento propõe a idéia de que toda a cultura está inserida no processo de evolução do homem, portanto, é parte da própria produção.

Essa ressalva é de fundamental importância para a delimitação de circulação das teses do autor para essa pesquisa, pois se considerando a natureza interdisciplinar/complexa a

que a modelagem aqui proposta necessita, torna-se óbvia a busca por outros referenciais que talvez, pareçam em determinados momentos incompatíveis.

2.1.4 A Complexidade da Cognição

Em uma discussão sobre Conhecimento sempre se remete a um arrazoado de possibilidades e dúvidas no que se refere a “*o que faz parte de*”, que em suma, destitui a idéia tradicional de um conceito único ou mais específico quanto ao que vem a ser, de fato, esse fenômeno.

Observa-se já nas teorias anteriores tratadas neste estudo, que o conhecimento pode vir investido de percepção e representação, de *memória*, de *equilíbrio*, de *movimento*, de *pensamento*, de *computador neural*, de *cultura*, e em vista, dessas possibilidades, não haveria incorporação que não se adequaria a ele.

Se a noção de conhecimento diversifica-se e multiplica-se quando a consideramos, podemos legitimamente supor que comporta diversidade e multiplicidade. Desde então, o conhecimento não seria mais passível de redução a uma única noção, como informação, ou percepção, ou descrição, ou idéia, ou teoria; deve-se antes concebê-lo com vários modos ou níveis, aos quais corresponde cada um desses termos (MORIN, 2005, p. 18).

Segundo Morin (2005), o conhecimento incorpora sempre três aspectos: uma competência (aptidão para produzi-lo), uma atividade cognitiva (cognição) e um saber (resultado das atividades).

O entendimento desses aspectos tem uma forte correlação com os conceitos neurocientíficos e evolucionistas discutidos através de *Pinker*, pois as competências e atividades cognitivas requerem um instrumento cognitivo, intitulado cérebro, e ainda necessitam e ocorrem, via interferência da cultura, apesar de poder transformá-la.

Assim, a cognição é vista como um processo multidimensional e interdisciplinar, bastante similar a aspectos da biofilosofia de Meyer²⁷, que incorpora, ao mesmo tempo, o todo e as partes, o individual e o coletivo, que se faz por meio de um sujeito e de uma sociedade, biológicos, psicológicos, culturais, sociais, dentre outros.

A epistemologia complexa terá uma competência mais vasta que a epistemologia clássica, sem todavia dispor de fundamento, de lugar privilegiado, nem de poder unilateral de controle. Estará aberta para certo número de problemas cognitivos essenciais levantados pelas epistemologias *bachelardiana* (complexidade) e *piagetiana* (as biologia do conhecimento, a articulação entre lógica e psicologia, o sujeito epistêmico). Propor-se-á analisar não somente os instrumentos de conhecimento, mas também as condições de produção (neurocerebrais, socioculturais) dos instrumentos de conhecimento (MORIN, 2005. p. 31).

Está-se diante, portanto, de um entendimento complexo para a Cognição humana:

À primeira vista, a complexidade é um tecido *complexus* (o que é tecido em conjunto) de constituintes heterogêneos inseparavelmente associados: coloca o paradoxo do uno e do múltiplo. Na segunda abordagem, a complexidade é efetivamente o tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem o nosso mundo fenomenal. Mas então a complexidade apresenta-se com os traços inquietantes da confusão, do inextricável, da desordem, da ambigüidade, da incerteza... Daí a necessidade, para o conhecimento, de pôr ordem nos fenômenos ao rejeitar a desordem, de afastar o incerto, isto é, de selecionar os elementos de ordem e de certeza, de retirar a ambigüidade, de clarificar, de distinguir, de hierarquizar... Mas tais operações, necessárias à inteligibilidade, correm o risco de a tornar cega se eliminarem os outros caracteres do *complexus*; e efetivamente, como o indiquei, elas tornam-nos cegos (MORIN, 1991, p. 17-19).

A Complexidade é um pensamento desprovido de certezas e verdades científicas, uma abordagem não-linear que não condiciona efeitos a causas e nem causas a efeitos. Dessa forma, ancora-se na diversidade e na complementaridade dos conhecimentos, das pessoas e das culturas.

Morin (1991) apresenta três Princípios norteadores do pensamento complexo para compreensão das atividades que envolvem o cérebro, como a cognição; são eles, os princípios dialógico, recursivo (augerativo) e hologramático.

²⁷ Meyer (2002): Discutido no sub capítulo 2.1 desta tese, referente à Biofilosofia da Cognição.

O princípio dialógico é uma associação complexa²⁸ de “[...] instâncias *necessárias em conjunto* à existência, ao funcionamento e ao desenvolvimento de um fenômeno organizado” (MORIN: 2005: p.110). Este princípio engloba atos de ordem, desordem e organização para a captação e transformação das informações em pensamento, junto a *ruídos* gerados pelo próprio processamento da dialógica.

O Princípio recursivo (generativo) envolve interação e retroação, e significa que diante do fenômeno cognitivo, os efeitos retroagem sobre as causas, transformando-os em produtores do próprio processo, ou seja, gerando autoprodução. Este Princípio representa-se pela analogia de uma *espiral* do conhecimento.

O Princípio hologramático (ou holoscópico) configura-se como a possibilidade de incorporação do todo e das partes, incluindo às mesmas, seus “todos”, para a compreensão dos fenômenos cognitivos. Neste sentido, o todo e as partes são constituídos de singularidade e de autonomia, ao mesmo tempo em que se complementam, se comunicam e podem até, regenerar-se.

A partir do princípio hologramático compreende-se melhor os processos de representação e de memória, porque diante da percepção de um fenômeno qualquer, o cérebro memoriza somente alguns traços dessa percepção, mas nunca a sua totalidade, tal qual uma descrição. Sob esta ótica a memória inscreve-se no cérebro, **não** sob forma de registros ou representações, mas sob forma hologramática, de cômputo, ou seja, de pensamento. Este aspecto, inclusive reforça as idéias de *imagem mental* e de *descrição* discutidas no tópico anterior (2.1.3) em Pinker (2000).

Assim, o que seria a percepção e a representação? A percepção é o processo pelo qual o ser humano absorve o mundo exterior utilizando receptores sensoriais, os cinco sentidos, juntamente com os ruídos que emanam desse mundo e do próprio sujeito. A partir disso, mobilizam-se competências (inatas e adquiridas) para então, construir-se a representação.

²⁸ Complexa: nesse sentido, significa complementar, antagônica, concorrente.

A representação é uma síntese cognitiva dotada de qualidades como globalidade, coerência, constância e estabilidade. Se não estivesse submetida às impressões teinianas, tremeria com os movimentos da cabeça e dos olhos; cresceria ou encolheria segundo a distância; deformar-se-ia segundo as mudanças de ângulo. Então seria o mundo que se movimentaria e modificaria sem parar, perdendo a consistência. As qualidades organizadoras (estabilidade, coerência e constância) dão, portanto, ao mundo a sua consistência e permitem ao olhar, [...] tomar em consideração este mundo estável, coerente, constante e realizar a cada instante análises (distinções, seleções, focalizações, estudos de detalhe) e sínteses (totalização, globalização, contextualização) (MORIN, 2005, p.119).

Em síntese, o processo de percepção e representação é constituído de dialógica, de recursividade e de holoscopia (princípio hologramático) pois correlaciona o cérebro (seu aparelho neurocerebral) ao meio exterior, é gerado e é gerador de si mesmo e, a partir das sensações, increve-se nas memórias, compondo-as e transformando-as em novas percepções, e assim sucessivamente.

2.2 PERCEPÇÃO VISUAL HUMANA

A especificidade do Problema desta Tese: - *Como modelar uma observação da cognição humana mediada pelo uso de tecnologias digitais e acompanhada por impressões eletrofisiológicas?* tratou de explorar aspectos da percepção visual para a viabilização de sua execução. Dessa forma, este tópico aborda alguns conceitos neurofisiológicos da Visão humana e aspectos da Percepção visual.

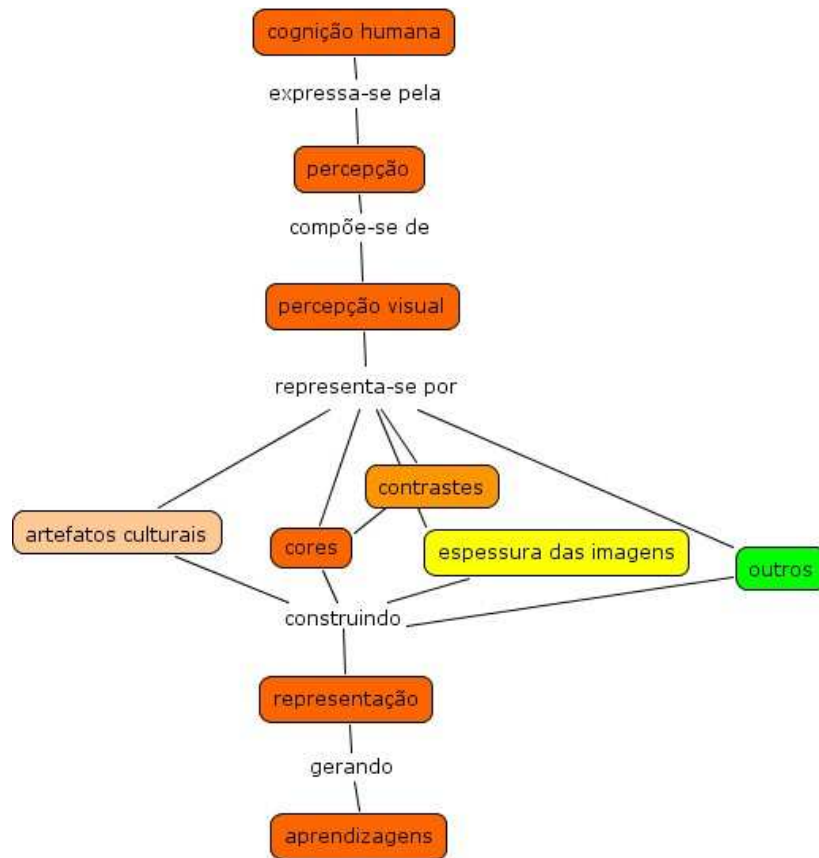


FIGURA 9: Mapa conceitual - Percepção visual

É preciso ressaltar que a visão no Homem, sob a égide de um processo de evolução complexa tornou-se, junto à audição e ao tato, instrumentos de alta precisão, devido ao “desenvolvimento simultâneo dos receptores periféricos de sensações modulados por atividade cerebral complexa em razão do inato e dos estímulos do meio e das áreas cerebrais centrais correspondentes, que elaboram as percepções” (MEYER, 2002, p. 37). No entanto, embora tenha sido a percepção cerebral quem mais evoluiu em relação aos receptores sensoriais, isso se deu em detrimento do desenvolvimento da visão e da audição.

O sistema visual, sob uma ótica fisiológica, é formado pelos globos oculares (olhos), nervos óticos, corpos geniculares laterais, esclerótica, e as áreas da visão.

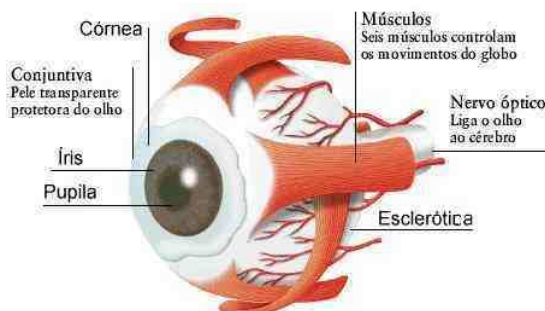


FIGURA 10: Sistema visual humano²⁹

O sistema ocular funciona a partir de um estímulo luminoso, recebido pelos globos oculares, considerados receptores de imagens (córnea, íris e retina) que se transforma em um sinal químico para ser interpretado pelo cérebro. A retina, membrana ocular interna, é a responsável pela recepção e pela projeção de imagens desses estímulos luminosos, pois nela estão as células nervosas. O sistema ótico humano permite interpretar não somente a sensação de cor, mas também a profundidade, a textura, movimento, espessura e outras grandezas ou variáveis da visão humana.

2.2.1 A percepção das cores

Aristóteles abordou as cores como propriedades dos objetos. Leonardo da Vinci com seu *Tratado Da Pintura e da Paisagem* de 1435 opõe-se à Aristóteles ao afirmar que a cor não era uma propriedade dos objetos, mas sim da luz. Em 1665 Isaac Newton, ao publicar sua *Teoria das Cores* comprova a relação da percepção das cores diretamente com a luz branca, conforme hipótese de Leonardo da Vinci. Até hoje esta teoria ainda é válida.

Cerca de cem milhões (100.000.000) de células da retina no fundo dos globos oculares recebem os estímulos da luz (fótons) a uma velocidade de cerca de trezentos mil quilômetros por segundo (300.000 Km/s) depois de sofrer deslocamento de distância e de intensidade devido ao cristalino e a pupila.

²⁹ Imagem disponível em <www.sac.org.br/APR_FOH.htm> Acesso em: jul. 2005.

Na retina, a luz branca (de baixa intensidade) é absorvida pelos cones, ao dia, e à noite, acionam-se os bastonetes, os quais, perceptores de profundidade, conseguem ver a sombra. Os seres humanos podem detectar cerca de 100 níveis de intensidade de luz.

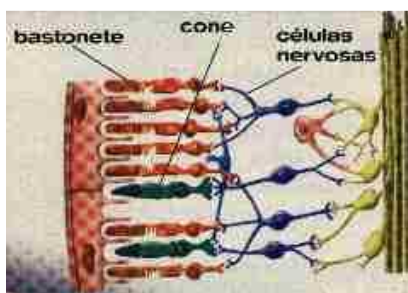


FIGURA 11: Cones, bastonetes e células nervosas

O que vem a ser então o preto e o branco? A classificação limite das cores em relação à luz, é caracterizada pelo *branco*, representando a ausência total de cor, a luz pura; e o *preto*, a ausência total de luz, o que faz com que não se reflita nenhuma cor. Essas duas “cores” portanto não são exatamente cores, mas características da luz, mas que por convenção, são chamadas de cor.

A visão colorida foi postulada por Thomas Young (1807) ao concluir que os seres humanos possuem apenas três tipos de receptores os quais são sensíveis às luzes primárias e que cada tipo é responsável pela percepção de uma determinada região do espectro luminoso. Segundo seu postulado todas as cores percebidas pelo ser humano são combinações das três cores primárias: VERMELHO/VERDE/AZUL ou RED/GREEN/BLUE (RGB). A mistura dos sinais que estas cores transmitem ao cérebro determina o tipo de luz que está a ser visto e esta percepção varia de pessoa para pessoa, e ainda, de acordo com a “luz”, ou seja, com a iluminação do ambiente onde “a cor” estiver.

Mais tarde, por volta de 1850, *Hermann von Helmholtz*, físico e fisiologista alemão, incorporou a teoria de Young e afirmou que a cor era uma expressão direta de comprimentos de ondas de luz absorvidos por células receptoras, restando ao sistema nervoso, a interpretação desse fenômeno. Há diferentes comprimentos de onda para cada cor e suas dissidências:

- Violeta 380-440 m μ
- Azul 440-490 m μ
- Verde 490-565 m μ
- Amarelo 565-590 m μ
- Laranja 590-630 m μ
- Vermelho 630-780 m μ

Há, portanto, na formação de imagens com cores, uma interação dos cones e dos bastonetes, e decorrentes desta interação ocorrem alguns fenômenos no sistema visual humano. Do ponto de vista matemático, a percepção visual humana é logarítmica³⁰. Na figura a seguir, no primeiro quadro, os tons de cinza estão com espaços iguais não se tendo uma impressão homogênea, parecendo que a faixa escura é mais densa. No segundo quadro, os tons de cinza foram marcadamente espaçados, chegando-se aproximadamente numa escala logarítmica.

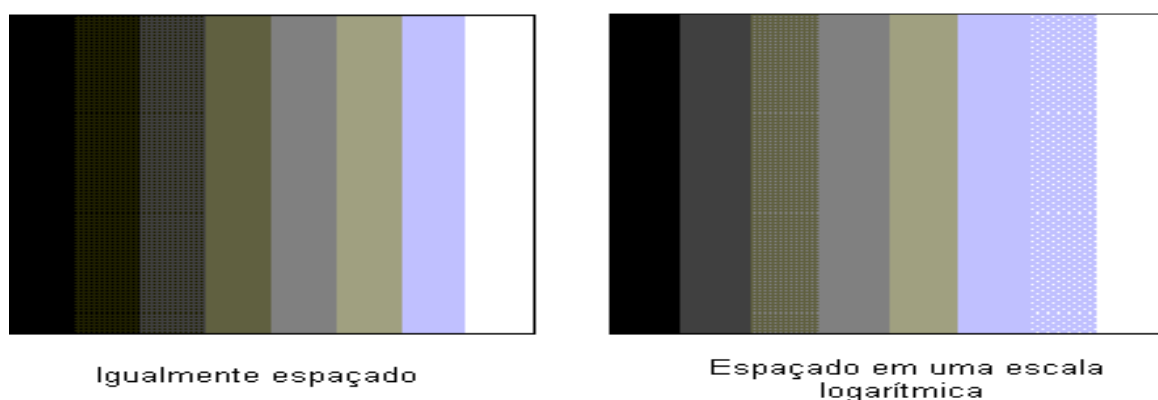


FIGURA 12: Percepção visual logarítmica³¹

Outro aspecto importante a ser considerado para a formação das imagens é o fato de que ocorre um fenômeno chamado *Contraste Simultâneo*, definido como a geração de diferentes “impressões” para uma mesma cor, que o sistema ocular, através dos cones e dos

³⁰ Perspectiva logarítmica: Isso significa afirmar que a visão realmente evolui, e de maneira exponencial.

³¹ As figuras 12 e 13 foram extraídas do Projeto: *Ensino de Física a distância*, desenvolvido por: Carlos Bertulani Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/teaching/luz/cor.html>> Acesso em: jul. 2005.

bastonetes, pode criar. Isso significa que, dependendo da luminosidade de áreas que envolvem determinados objetos, cores iguais (dos objetos) podem ser modificadas pela percepção humana, conforme imagem a seguir:

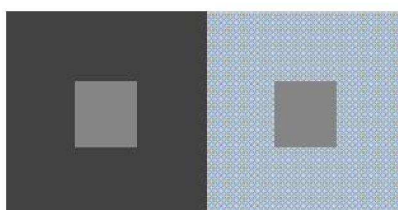


FIGURA 13: Contraste simultâneo

Sob as óticas clássicas da física ótica e da neurofisiologia, a Percepção visual seria um fenômeno mediado pela luz e pelo sistema visual de cada indivíduo. Para alguns autores como Goethe³², já no final do século XVII, a relação entre a percepção das cores e a realidade não é suficientemente explicável por essa visão, já que a cor sugere manifestações de natureza química e psicológica, como as ilusões, por exemplo.

No que tange a uma perspectiva mais neurocognitiva, além destes aspectos, tem-se a cognição como elemento deflagrador de todo o processo de percepção.

2.2.2 Percepção visual e Cognição

Pinker (2000) parte do sentido da visão para justificar sua Teoria Evolucionista da Mente Humana e por conseqüência, a percepção humana.

Segundo o autor, existem *Problemas mal propostos para o cérebro*, e que mesmo assim, são resolvidos pelo cérebro. Esses problemas podem orientar-se para dois tipos de soluções/interpretações normalmente; ou apóiam-se na premissa das suposições (daquilo que

³² Goethe: Goethe afirmava que as imagens subjetivas são como sombras cromáticas e que as ilusões cromáticas tem origem nas diferentes das interpretações das cores, da sua claridade e superfície, opondo-se à Newton.

o cérebro é capaz) ou apóiam-se nas *ilusões*. Diante disso há um distanciamento entre as teses neurocognitivas e uma corrente da Psicologia que crê nas ilusões como as verdadeiras inferências perceptivas do cérebro. Para a neurocognição (em especial, em Pinker), o cérebro é capaz de *suposições*.

Para melhor compreender questões relativas às suposições e às ilusões, é preciso discutir-se a ótica reversa³³, ou seja, na Física, o processo de visualização de um objeto dá-se através de um fenômeno chamado, *ótica invertida*. Esse vem a ser para o cérebro, um problema (teoricamente) sem solução, porém na prática, factível, pois o cérebro é capaz de deduzir (supor) a forma e a substância do objeto a partir de sua projeção.

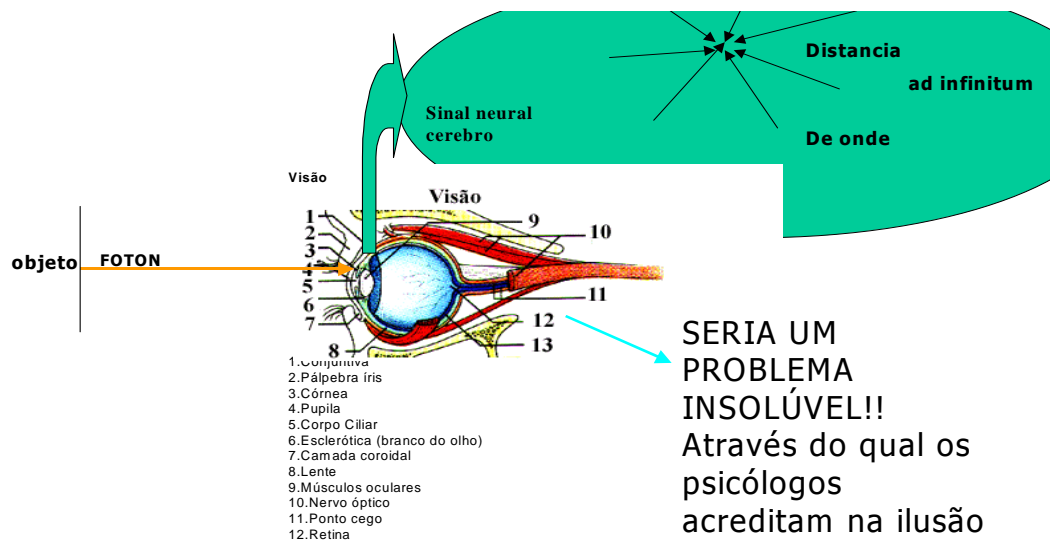


FIGURA 14: Esquema ilustrativo - para o funcionamento da Visão a partir da suposição

A visão começa quando um fóton reflete-se de uma superfície e atravessa rapidamente a pupila por uma linha para estimular um dos fotorreceptores (bastonetes e cones) [...] O receptor transmite um sinal neural ao cérebro, e a primeira tarefa do cérebro é descobrir de que parte do mundo veio esse fóton. Infelizmente, o raio que define a trajetória do fóton estende-se ao infinito. E tudo o que o cérebro sabe é que o retalho que o originou encontra-se em algum lugar ao longo do raio. O cérebro não sabe se ele está a uma distância de um metro, um quilômetro ou muitos anos-luz (PINKER, 2000, p. 231).

³³ Ramo da Física que estuda a visão.

Nesse caso, as suposições envolvem a memória e principalmente, a evolução do meio no qual o sujeito está inserido e obviamente o reconhecimento (do próprio sujeito) dessa evolução. Esses aspectos é que fazem a percepção (segundo o autor) acontecer. A partir do momento em que as “suposições são violadas – devido a uma série de coincidências infelizes ou porque um psicólogo sorrateiramente arranjou o mundo de modo a violar as suposições -, somos presas de ilusões” (PINKER, 2000, p 229). Na verdade a Psicologia crê que as ilusões “desmascaram as suposições de que a seleção natural estabeleceu-se para nos permitir resolver problemas insolúveis e saber, na maior parte do tempo, o que está lá fora” (ibid., p.229). Segundo o autor, a violação das suposições pode ocorrer durante todo o processo da visão (tal qual está demonstrado na citação acima), basta haver uma interferência idêntica à imagem de um objeto o qual o cérebro está tentando verificar para que ele confunda as informações.

A percepção vem a ser a única função cognitiva orientada para a adaptação, por isso vantajosa para a seleção natural. Disso vem toda a tese contida na obra de *Pinker*³⁴ de que o sentido da visão humana teria sido o grande “motivador” de todo o processo evolutivo do ser humano. As bases para essa questão estão no conceito de visão de David Marr³⁵, no qual a visão vem a ser uma descrição de imagens do mundo externo útil e individual para cada ser humano.

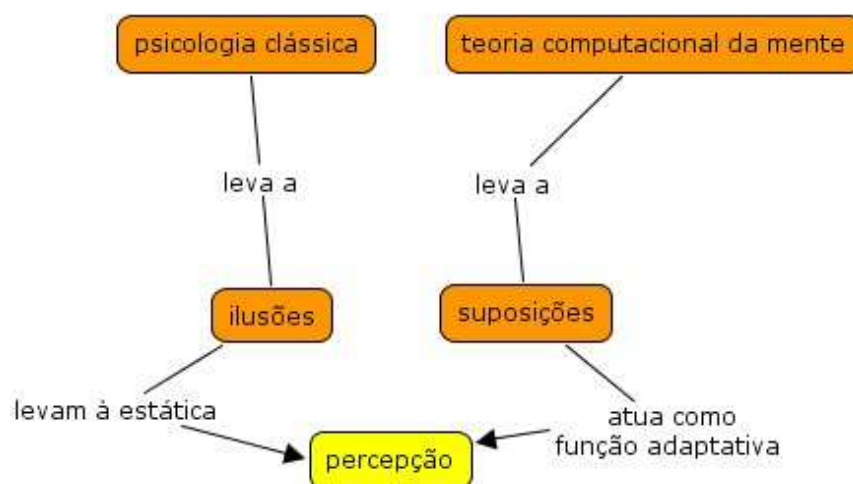


FIGURA 15: Esquema - Ilusões X Suposições

³⁴ Pinker (2000): Como a Mente funciona. Cia das Letras, SP: 2000

³⁵ David Marr: pesquisador da inteligência artificial e o primeiro a pesquisar que a visão soluciona problemas mal propostos[...] (PINKER, 2000, p. 229).

Aqui se pode perceber uma aproximação com aspectos do II Período do Desenvolvimento cognitivo de Piaget³⁶ o qual trata das “reações circulares secundárias” (manipulação dos objetos) e o estágio das “primeiras condutas inteligentes” no qual o reconhecimento das formas se dá a partir de construções anteriores e vem a ser também, um processo individual, único de cada indivíduo.

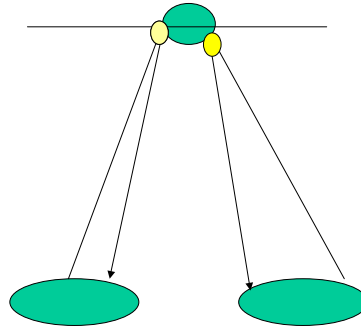
A idéia de uma **descrição** para a visão relaciona-se a uma produção de imagens do mundo externo, individualmente útil; para tanto, segundo ele, deve haver a existência de símbolos mentais para cada objeto localizados em algum lugar no cérebro. No entanto, é preciso conceber essa *descrição* não como “literalmente de fora para dentro” mas como algo que se processa internamente em cada indivíduo. Se não houvesse a idéia de descrição para a visão, certas faculdades mentais (linguagem, andar, planejar, imaginar...) teriam de ter processos próprios (isolados) para dedução de imagens e portanto, o fato de se conhecer uma determinada forma não seria o suficiente para se imaginar o que ou como utilizá-la. Na verdade, o que ocorre é o contrário, ao se deduzir a forma, todas essas “partes” das faculdades mentais já atuam em conjunto. Aqui já se estabelece uma inferência correlata entre percepção e representação, ou seja, a “suposta” descrição do mundo fornecida pela visão, já é em si, uma representação do mundo. Vejamos alguns conceitos de Pinker (2000) para essa correlação:

- **Imagem:** a imagem é um modo conveniente de arranjar matéria de maneira que esta projete um padrão idêntico a objetos reais; a imagem explora a projeção; a imagem é representação³⁷ (ib. p.232); na visualização de imagens contidas em superfícies planas, são as suposições que o cérebro faz que o fazem distinguir a “tela” do “mundo real”.
- **Paralaxe binocular:** os olhos humanos, quando isolados, enxergam em diferentes perspectivas, o que se chama paralaxe binocular. Não há possibilidade direta de se sobreporem às visões dos dois olhos, pois os objetos incidem em lugares diferentes;

³⁶ Piaget: já citado no capítulo anterior deste referencial teórico.

³⁷ Imagem: aproximação com Piaget

- **Visão em estéreo:** vem a ser uma possibilidade de se enxergar, quase que ciclicamente³⁸ através de um ajuste trigonométrico feito pelo cérebro para possibilitar a visão única nos dois olhos. No desenho abaixo, uma representação dos fenômenos da **Paralaxe binocular e da Visão em estéreo:**



Visão estérea: diferença dos ângulos de projeção e distância...a idéia de profundidade... sem isso confundiríamos as imagens com os próprios objetos; descoberta por Charles Wheatstone em 1838

FIGURA 16: Visão em estéreo³⁹

Mesmo sabendo-se que os seres humanos são equipados com o que Pinker chama visão estereoscópica, o cruzamento ou a correspondência das imagens advindas de um e de outro olho precisa ser melhor explicado.

Essa suposta explicação pretende todo o tempo refutar a idéia de reconhecimento (prévio) das imagens pelo cérebro. A prova veio a partir de uma idéia de camuflagem realizada pelo engenheiro/psicólogo *Julesz*.⁴⁰

A camuflagem, técnica bastante utilizada pela espionagem, consiste em manter imperceptíveis os limites de imagem entre um objeto e o fundo onde ele se encontra,

³⁸ Ciclicamente: refere-se a forma de um Cíclope, o que na mitologia grega representava um gigante de um olho só, no meio da testa. (PINKER, 2000, p. 234).

³⁹ Texto extraído de Pinker (2000, p. 236).

⁴⁰ Bela Julesz: Psicólogo, engenheiro de radares que trabalhou com reconhecimento aéreo em 1956. (PINKER, 2000, p. 246).

dificultando assim, a visualização do próprio objeto. Neste experimento recorreu-se à computação gráfica para criar a *camuflagem perfeita*⁴¹ e assim produziu imagens diferentes de um determinado objeto para cada olho.

Segundo Pinker (2000) as idéias de *Julesz*⁴² tinham como base que a percepção visual se dá em um processamento em paralelo que congrega informações diferentes de **movimento, solidez, forma, espessura e cor**. Para efetuar-se de fato a percepção de uma determinada imagem deve haver a combinação desses elementos (temporariamente) através de um mecanismo cerebral conhecido como mecanismo de integração.

Para a idéia de camuflagem ser um bom exemplo da capacidade de distinção cerebral de imagens, *Julesz* inferiu que a formação das associações de diferentes características requerem antes de mais nada, *atenção*⁴³ para a percepção de elementos (no objeto) que possam funcionar como limites distintivos, como o brilho, a cor e a orientação das linhas. Ao se deparar com diferenças nos limites, destacam-se as sobreposições de imagens (no caso da camuflagem) e portanto, destacam-se as diferenças de imagens.

Se o cérebro percebesse a partir do reconhecimento prévio não haveria a possibilidade dele descobrir essa técnica, no entanto, utilizando a visão em estéreo é possível perceber-se pontos diferenciados (por exemplo, cores) entre os posicionamentos do objeto, fazer a correspondência e assim detectá-lo.

Essa prova tornou-se (até aqui) irrefutável no que se refere à capacidade perceptiva do cérebro em conhecer aquilo que até então não era conhecido. A visão em estéreo segundo Pinker (2000), reafirma a tese de que a mente e a percepção humanas tenham evoluído a partir da visão. Os fatos⁴⁴ remotos do passado que demarcariam essa inferência residem na idéia de que nossos ancestrais, em um primeiro momento, vivendo em árvores, não distinguiam visualmente diferenças de profundidade (entre as árvores e o chão); sua descida para as

⁴¹ O experimento sobre camuflagem e sua detecção está descrito em Pinker (2000, p. 246).

⁴² Julesz: o comentário de Kandel (2000) refere estudos de Julesz e Ann Treisman na p. 321

⁴³ Atenção: os mecanismos da atenção focalizada ainda são uma incógnita para os estudos da neurobiologia. (KANDEL, 2000, p. 323).

⁴⁴ Há um outro experimento de Adelbert Ames (O Quarto de Ames) que também explica a evolução da visão a partir do ciclope (PINKER, 2000, p. 232).

“supostas”⁴⁵ descobertas de novas possibilidades de sobrevivência deve ter se dado a partir do momento em que houve a possibilidade de se perceber essas diferenças através da visão estereoscópica (ciclópica). De qualquer forma esse “ajuste” perceptivo teria se dado naturalmente.

Vejamos as premissas para a percepção visual, ser de fato, evolucionista:

- A visão, do ponto de vista físico, possui limitantes. “[...] experimentamos vividamente apenas o que está diante de nossos olhos; o mundo além do perímetro do campo visual e atrás da cabeça é conhecido apenas de um modo vago, quase intelectual.” (PINKER, 2000, p. 274);
- A visão humana não é de *raio X*, ou seja, não enxerga volumes, só superfícies;
- Os seres humanos vêm em perspectiva (convergências); mas em algum lugar do cérebro se processa o cancelamento dessa perspectiva (ilusória) para que se possa ver o mundo real;
- Do ponto de vista geométrico, o campo visual humano é bidimensional⁴⁶ embora isso não signifique que não se enxergue em profundidade;
- “[...] não vemos imediatamente ‘objetos’, os pedaços de matéria móveis que contamos, classificamos e rotulamos com nomes.” (PINKER, 2000, p. 276). Entretanto, o cérebro, através da apropriação de imagens armazenadas anteriormente possui a capacidade de reconhecer superfícies e fronteiras e assim enxergar um objeto de cada vez. Alguns exemplos ⁴⁷dessa característica são:

⁴⁵ Supostas: o termo pretende representar a existência de outras possibilidades.

⁴⁶ Bidimensionalidade da visão: Poincaré comprova que se vê em duas dimensões e meia através de um estudo matemático para detectar as dimensões de uma entidade (objeto). Descrito em Pinker (2000, p. 275).

⁴⁷ As imagens contidas nas figuras 17, 18 e 19 subsequentes foram extraídas de Pinker (2000).

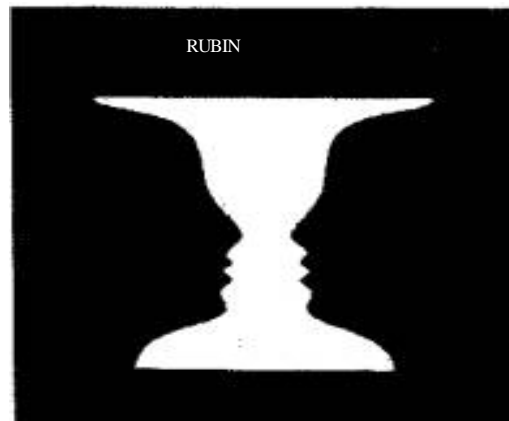


FIGURA 17: O vaso de Rubin (e os dois rostos)

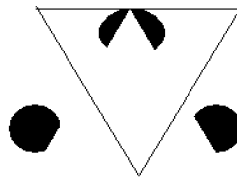


FIGURA 18: O triângulo de Kanizsa (com o triângulo imaginário em branco)

Em uma forma ou outra (acima), as superfícies delineadas e as não delineadas eclodem como imagens também pelo fato de se ter no cérebro, segundo Gibson (apud PINKER, 2000), *eixos mentais* que se representam como referenciais espaciais para a identificação de imagens.

Entretanto, é possível driblar-se a construção desses eixos mentais e produzir-se ilusões para o cérebro. O psicólogo *Fred Attneave* demonstra uma possibilidade desse fenômeno no seguinte desenho⁴⁸:

⁴⁸ O desenho é de *Fred Attneave* e representa a capacidade do cérebro em alternar formas que produzem mudanças de referenciais (PINKER, 2000, p. 285).

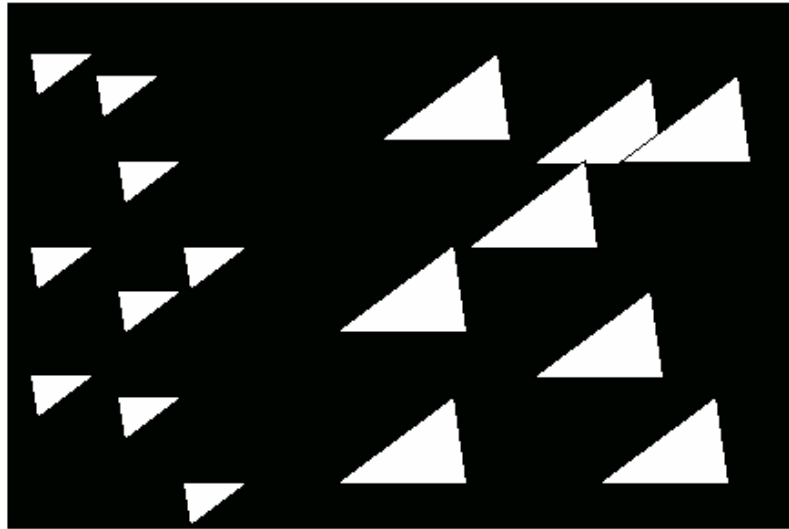


FIGURA 19: Triângulos de Attneave

Cada triângulo possui três eixos além das superfícies em si, portanto a percepção pode fornecer seis tipos de imagens alternando-se entre direções e formas.

Para Pinker (2000), a percepção humana, a partir do sentido da visão, se dá de maneira involuntária através de informações que entram pelas retinas e não a partir de expectativas prévias, de acordo com o senso comum; isso quer dizer que “não vemos o que esperamos ver” (ibid., p. 277).

Entretanto há um processo de abstração para o reconhecimento das formas que faz com que seu reconhecimento não seja uma cópia literal do objeto. Esse processo correlaciona elementos como, referenciais, ângulos e posições advindos da visão, com a memória (a lembrança do objeto). Essa associação produz uma representação das formas expressa em categorias (não muito rigorosas) e assim o reconhecimento; por isso se faz possível reconhecer as formas mesmo com posicionamentos diferentes no espaço. Essas idéias passaram-se a configurar-se como a *Teoria dos Géons por Biedermann*⁴⁹. Piaget tratou

⁴⁹ A idéia de Marr tomou forma prática nos experimentos do psicólogo Irv Biederman com o que mais adiante se transformou na *Teoria dos Géons* (PINKER, 2000, p. 288).

também desta questão ao abordar o reconhecimento das formas e a capacidade de inversão das mesmas, fenômeno ocorrente no II Período do Desenvolvimento da Criança⁵⁰.

Experimentos demonstraram que, quando as pessoas são colocadas em mundos artificiais que violam suposições quanto à singularidades e uniformidade, elas não vêem tão mal quanto o modelo prevê. O cérebro deve estar usando tipos adicionais de informações para ajudar a resolver o problema da combinação (PINKER, 2000, p. 253).

A Percepção humana processa-se em níveis diferentes, de um nível mais simples, o que se referiria à captação da imagem na retina e sua descrição ao cérebro a um nível mais complexo no qual, através de aspectos guardados na memória se daria sua representação, e portanto sua compreensão de fato. O processo apontaria para algo combinatório.

Entretanto mesmo considerando a máxima: “não vemos o que esperamos ver” (PINKER, 2000, p. 277), a teoria defendida por Marr e Biederman (apud PINKER, 2000) sustenta a tese de que em níveis mais avançados da percepção humana a mente “idealizaria” aquilo que vê. A explicação engloba aspectos extraídos da memória e portanto da imaginação. Essa idealização é uma espécie de distorção da realidade e não consegue se sustentar na idéia de combinação dos *géons* para identificação de objetos.

Até aqui a visão da percepção humana para o autor tem considerado diferentes aspectos como, a possível existência de arquivos de memória específicos para cada posicionamento espacial de um objeto⁵¹; o fato do reconhecimento das formas tender a se dar com maior facilidade na posição original na qual foi conhecida⁵²; e aspectos da própria *teoria dos géons* (até então discutida), na qual a orientação ou disposição espacial do objeto não fornece diferença na compreensão do próprio objeto pois a partir de sua primeira aparição, o cérebro já emitiria dados suficientes para a percepção de todas as suas nuances.

⁵⁰ Desenvolvimento da Criança: Piaget e Inhelder (1993).tratam da questão da inversão das formas na obra: *A Representação do espaço na criança e Abstração Reflexionante*.

⁵¹ Estudo que se configura na teoria da visão múltipla; Pinker (2000).

⁵² Estudo que se configura na teoria da rotação mental; Pinker (2000).

2.2.3 Imagens mentais

Pinker (2000)⁵³ amplia essas teses e gera uma correlação entre a percepção visual e as imagens mentais: “O uso de imagens mentais é o motor que impele nosso pensamento sobre os objetos no espaço” (p.303). O que seria uma imagem mental, então? Imagem mental é uma espécie de padrão extraído da memória de longo prazo e não simplesmente do sistema visual.

Há uma topografia cerebral cortical (inclusive observável)⁵⁴ no que se refere às imagens mentais, pois há uma parte do córtex onde cada neurônio se relaciona a contornos do campo visual. Esse processo ocorre da mesma forma com as informações que também advém da memória e não dos olhos configurando assim, no campo visual, um fluxo cíclico de informações que tanto vão dos níveis superiores (conceituais) para os níveis inferiores (sensoriais) como do contrário.

O ponto crucial dessas teses à respeito da Percepção (visual) humana está diretamente ligado à constatação de que as imagens mentais agem como interferentes diretas na construção desse processo, inclusive em níveis superiores como no caso da representação; essa interferência é chamada pela academia de *Efeito Perky*⁵⁵.

Uma das possibilidades de comprovação do *Efeito Perky* foi a constatação de que as imagens mentais e a visão atuam ou compartilham um mesmo espaço no cérebro. Alguns estudos como o dos neuropsicólogos *Bisiach e Luzzatti*⁵⁶ sobre a síndrome da negligência visual e o de *Kosslyn*⁵⁷ com o uso do *pet scanning* (tomografia) tem promovido a idéia de que o cérebro visual é realmente a sede das imagens mentais.

⁵³ Pinker e Tarr: experimento explorado nas páginas 298-303; Pinker (2000).

⁵⁴ A visualização desses possíveis mapas (imagens) é realizada com primatas observando um objeto; utiliza-se um isótopo radioativo de glucose que é absorvido pelos neurônios e que é capaz de revelar o cérebro do macaco. Pinker (2000).

⁵⁵ Efeito Perky: de Cheves Perky, o que significa que “ter uma imagem mental interfere na visão de detalhes tênues e sutis” (PINKER, 2000, p.307).

⁵⁶ Bisiach e Luzzatti: neuropsicólogos italianos pesquisadores de danos no lobo parietal direito.(PINKER, 2000).

⁵⁷ Stephen Kosslyn: Utilizou o *pet scanning* (tomografia por emissão de pósitrons) para visualizar as partes do cérebro que se iluminavam quando a imaginação de uma letra do alfabeto era solicitada aos sujeitos de sua amostra. Sua verificação constatou que o córtex visual (ou cérebro occipital) sempre se iluminava.

A questão, entretanto, é que mesmo sabendo-se que as imagens mentais estão em um mesmo espaço do sistema visual não se sabe exatamente por que elas surgem; ou seja, por que o cérebro não seria capaz de registrar as informações ou objetos de fora, tais quais eles são, sem necessitar alterá-los para padrões de imagens mentais? Antes de responder é relevante trazer aqui, que *Pinker* trata realmente do objetivo da visão⁵⁸ como uma descrição não-verbal.

As imagens mentais, sendo interpenetradas (também) pelos objetivos da visão, caberia uma segunda pergunta: - As imagens mentais são representações ou também descrições (?); ou em um teor mais profundo, a percepção é sensação?

Se as imagens mentais fossem descrições independentes do sujeito que as cria (de fora para dentro) armazenariam rótulos e assim, não seriam possíveis sobreposições ou ambigüidades; as imagens mentais vão além, são representações, pois armazenam (não fielmente) fragmentos de cenas e não a cena inteira (em virtude de limitações diversas como a perspectiva) e dependem da organização da memória que possui uma estrutura proposicional; dessa forma, o pensamento visual está mais associado aos “conceitos” das imagens do que a seus conteúdos; portanto não é a simples memorização das imagens que favorecem à percepção, mas também suas relações significativas.

Sob a ótica das relações significativas a que a percepção recorre, sucedendo à captação retiniana e à memorização das imagens, os atributos da arte da *pintura*, são bons exemplos para demonstração deste processo e principalmente, neste estudo, podem auxiliar na construção de um ambiente (digital) visual adequado à representação de aspectos da cognição humana.

2.2.4 A Percepção e a Arte: a realidade do imaginário

Mas por que recorrer à arte da pintura? Primeiramente porque, pelo fato do ser humano enxergar a partir de duas dimensões e meia, e não de três, é, em grande parte (e não, na totalidade), através da fenomenologia da percepção visual das cores, que se pode melhor compreender a percepção. As variações de perspectiva de observação giram em torno das

⁵⁸ Objetivo da visão: segundo *Marr*, é uma descrição (PINKER, 2000, p.229).

cores, de seus contrastes, das espessuras de traçados, da iluminação e das formas, dentre outros elementos, e sendo assim, fora o mundo *real*⁵⁹, é na arte da pintura que se encontra esta gama de variações.

Os *Bodegones* de *Sánchez Cotán*⁶⁰, por exemplo, são representados quase sempre por imagens “comestíveis” remetendo-as, na verdade, a um estudo de formas e cores. Segundo *Brandão*⁶¹ varia-se normalmente a quantidade, o tipo e a disposição dos alimentos, preenchendo sempre um vazio formado contra um fundo negro. Em uma análise rápida, as obras do autor, obedecem a uma ordem geométrica, formando às vezes uma curva parabólica, apresentando uma variação de texturas, cores e volumes. Produz-se um efeito de diferença de perspectiva, pois estão projetados para fora da tela, como se pudessem ser tocados, rompendo o plano bidimensional. Este tipo de realismo se faz, através da luz forte e lateral que o modela, criando uma forte tendência ilusionista de profundidade, de espessura de traço e de contrastes das cores, conforme as duas imagens a seguir:



FIGURA 20: QUADRO Still-life with Quince, Cabbage, Melon and Cucumber⁶²

⁵⁹ Mundo real: Aqui entendido como o concreto, palpável.

⁶⁰ Fray Ruan Sanchez Cotán (1561-1627): Pintor espanhol de *natureza morta*. Revista eletrônica: Arte & Crítica & Opinião & Etc. a. 3. Disponível em: <http://www.geocities.com/a_fonte_2000/bodegones.htm> Acesso em: nov. 2005.

⁶¹ Ângela Brandão é Doutora em História da Arte e Professora do CEFET-PR: Revista eletrônica: Arte & Crítica & Opinião & Etc. a. 3. Disponível em: <http://www.geocities.com/a_fonte_2000/bodegones.htm> Acesso em: nov. 2005.

⁶² Figura disponível em: <<http://www.wga.hu/frames-e.html?/html/s/sanchez/cotan/>> Acesso em: jul. 2005.



FIGURA 21: QUADRO Uwe Schnatz | Stilleben nach Juan Sanchez-Cotán⁶³

Sem sombra de dúvida, a percepção visual não é em si, a percepção humana, mas uma das chaves, para maiores esclarecimentos sobre este fenômeno. Aspectos psicológicos, emocionais, químicos, sensoriais (auditivos – táteis – olfativos – gustativos), sócio-culturais dentre outros, diante de uma perspectiva interdisciplinar e complexa, são elementos fortemente contribuintes para o desenvolvimento da percepção humana. Entretanto, nesta Pesquisa, faz-se apenas, menção a estes, mas não se discorre sobre os mesmos, com profundidade.

2.3 INTERFACE E TECNOLOGIA PARA UMA MODELAGEM COGNITIVA

Este tópico aborda a interface digital e as possibilidades tecnológicas para viabilidade da construção de um protótipo com aspectos cognitivos. Em tese, este sub capítulo investigou subsídios referentes à primeira sub questão levantada por esta tese: É possível a

⁶³ Figura disponível em: <http://www.uwe-schnatz.de/sanchez_cotan.html> Acesso em: jul. 2005.

criação de um ambiente digital do tipo “jogo”, que expresse características cognitivas (traçadas ao longo do referencial teórico) através de variáveis físicas⁶⁴ (nos eventos).

2.3.1 Interface digital

A escolha de uma *interface digital* para esta modelagem tem como pressuposto empírico que a interação desta com o ser humano ocorre de forma diferente a que ocorre em um *ambiente não digital*, e embora, nesta pesquisa, tal comparação⁶⁵ não tenha sido realizada, para um estudo de natureza experimental, como este, alguns aspectos ilustrativos da cognição, ocorrem de forma mais controlada.

Esses aspectos referem-se a uma maior centralização do foco de atenção no fenômeno, em um meio digital, à manipulação de variáveis (no caso em questão, independentes, como as cores) e o controle das mesmas, dentre outros, contribuindo para a observação do fenômeno cognitivo da percepção, tema deste estudo.

A interação, no que se refere a interfaces, que utilizam-se do computador, enfatiza aspectos conceituais e físicos para sua eficácia, que vão desde a criação dos mecanismos de acordo com a natureza das atividades, previsão dos meios para essa ocorrer, e ainda, o *design* físico do modelo conceitual embutido (PREECE et al., 2005).

Sob a ótica da interface digital, entende-se por modelo conceitual:

Uma descrição do sistema proposto – em termos de um conjunto de idéias e conceitos integrados a respeito do que ele deve fazer, de como deve se comportar e com o que deve se parecer – que seja compreendida pelos usuários de maneira pretendida (PREECE et. al, 2005, p. 61).

De uma forma mais sintética o *design* da interação deve perguntar: (...) “como você otimiza as interações dos usuários com o sistema, ambiente ou produto, de forma que

⁶⁴ Variáveis físicas: referem-se a aspectos físicos do ambiente digital como cor, espessuras, fundos que podem ser alterados.

⁶⁵ Comparação ambiente digital e ambiente não-digital: Não fez parte dos objetivos, mas pode vir a ser objeto de estudos futuros.

combinem com as atividades que estão sendo entendidas ou recebendo suporte?” (PREECE et al., 2005, p. 27).

Essas considerações não somente ajustam o sistema a uma certa intencionalidade (do designer e/ou criador), como o limitam a decisões acerca do espaço e opções oferecidos por ele próprio, o que o diferencia, de uma forma geral, da natureza ampla e irrestrita de espaços/ambientes reais - não digitais, como por exemplo, uma sala de aula, um ambiente concreto lúdico ou um jardim.

A busca por uma tecnologia adequada a essas considerações de interface que evidenciasse uma modelagem cognitiva do tipo digital levou ao achado da Plataforma digital *Game Maker* para potencialização de uma experimentação adequada.

2.3.2 Fundamentos e Potencialidades da Plataforma *Game Maker*

A Plataforma de programação “*freeware*” *Gmaker para MSWindows*, foi criada por *Mark Overmars*⁶⁶ e é voltada para animações, jogos interativos e educacionais permitindo codificação basicamente pictórica (não verbal) para criação destes eventos facilitada (autônoma) por educadores não programadores.

Caracteriza-se por permitir a possibilidade de avaliação processual (interferente) reflexiva e constante por parte de seus avaliadores para que possam ir construindo e atualizando novos testes e baterias gradualmente. Possibilita também, entrada de multiusuários e de acesso remoto, arquitetura modular expansível e plena compatibilidade com recursos de bibliotecas dinâmicas.

O *Game Maker* já está na sexta versão e sempre com atualizações específicas para cada uma delas. A versão 4.0 (*free*) vigorou no mercado no ano de 2003⁶⁷ e se adequa

⁶⁶ Mark Overmars e Jacob Habgood: Criadores do Game Maker. História disponível em: <<http://www.gamemaker.nl/book.html>> Acesso em: jul. 2005.

⁶⁷ 2003: Ano de início dos estudos desta tese. Foi com a versão 4.0 que ocorreu a primeira testagem da Modelagem.

perfeitamente para a construção de jogos, desde que não tridimensionais. Dentre algumas de suas limitações está o fato de não poder ser utilizável em sistemas *Linux* e não possuir portabilidade para códigos universais (como *JAVA*). A versão 5.0 (5.1–5.2) trouxe a tridimensionalidade para as telas, possibilitando os jogos em 3D e a possibilidade de mais de um jogador por jogo, os multi jogadores.

Atualmente, em 2005, já está disponível no mercado, a versão 6.1 (*free and full*) do *Game Maker*, a qual, dentre as atualizações, vem com um melhor sistema de instalação, um gerador de efeitos simples e especiais, superfícies de desenhos, um editor de imagens e a correção de muitos *bugs* que ocorriam anteriormente no sistema, como a não rotação em uma resolução de tela mais alta como (1024 x 768 *pixels*), por exemplo.

Os testes possíveis para a realização de um “jogo” consistem de baterias de procedimentos individuais, organizados conforme os princípios teóricos discutidos para a idéia, e que são sistematicamente conduzidos por módulos de programação, os quais podem estar estrategicamente situados remotamente.

A plataforma *Game Maker* (4.0)⁶⁸ é constituída de um *software* com geradores interativos, de padrões construídos por algoritmos genéticos, com parâmetros (entropia e transições morfo-topológicas) controlados por redes neurais, para poder criar eventos do tipo “jogos”. O software é constituído de:

*módulo[s] de prova (MP): no qual um ou mais sujeitos em teste operam isoladamente e/ou em conjunto.

*módulo de observação/controle (MO): serve aos propósitos de registro e processamento de informações, e de base de observação e participação nos procedimentos, e também, se necessário, intervenção.

⁶⁸ Embora a velocidade de atualizações a que a tecnologia digital se constitui para a construção de jogos, seja um fato, este tópico explora mais dados referentes à versão 4.0 (*free*) do que à versão 6.0 (*full*) porque as testagens desta tese incluem os anos de 2003, 2004 e 2005.

*módulo de integração (MINT): realiza o intercâmbio bidirecional entre os dados do módulo de prova e o[s] módulo[s] de observação. No caso de operação remota, cada módulo de prova necessita de um de integração.

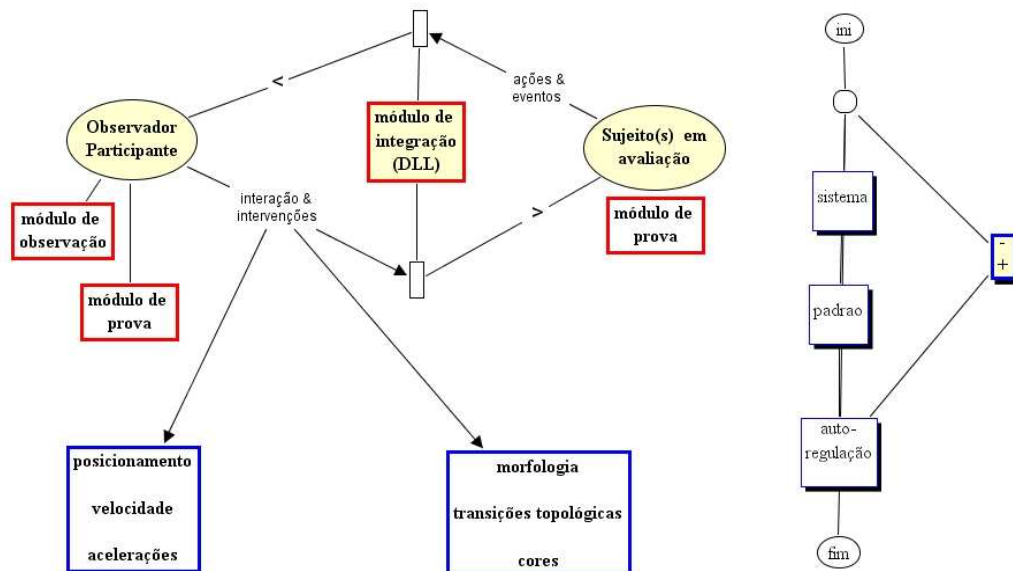


FIGURA 22: Fluxo dos Sistemas do *G Maker*

Na figura anterior está representado o fluxo dos sistemas potencializados pela plataforma para atuações do tipo “jogo”. Descrevendo-o, aparecem o sujeito em teste e o observador, ambos tendo acesso a um módulo de prova. Entre ambos, está situado o módulo de integração, que é programado na linguagem C++ e compilado como “biblioteca dinâmica” (*dynamic link library*). Este módulo realiza o processo de intercâmbio entre os módulos e permite operação à distância entre os usuários.

Na figura 23, como exemplo, podem ser vistos os três tipos de expectativas principais em relação ao desempenho de aprendizagem de cada sujeito, correspondendo MF à curva em cor rosa, MI à amarela e MD à azul; assim, os resultados finais de cada teste poderiam ser obtidos a partir da integração das várias curvas de cada tarefa. Quanto à avaliação dos métodos, esta depende naturalmente da qualidade e da representatividade das tarefas cognitivas e neuropsicométricas selecionadas nas baterias de prova.

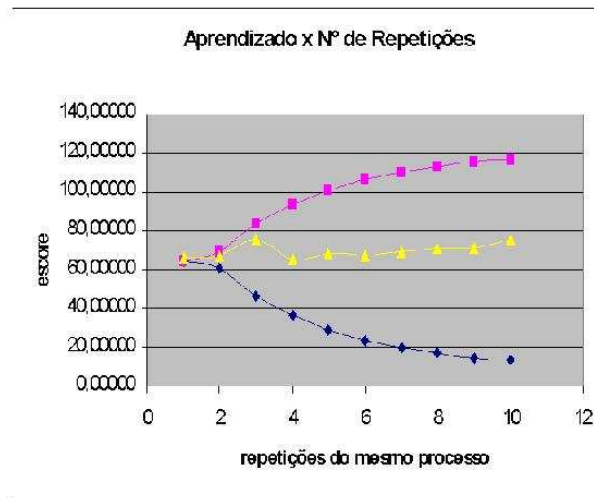


FIGURA 23: Curvas de expectativa dos métodos de aprendizagem

2.3.3 Testes e procedimentos com *Game Maker*

A figura a seguir ilustra imagem de teste cognitivo para resolução de problemas espaciais do tipo “labirinto”, no qual, neste traçado, o sujeito deve procurar uma saída, diante de todas as possibilidades.

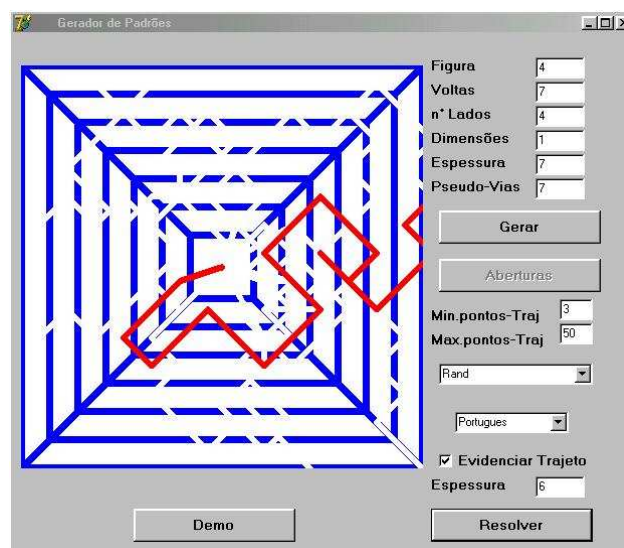


FIGURA 24: Exemplo de Teste de Labirinto

Outra possibilidade de teste é a construção de um labirinto com uma única saída, no qual, o sujeito em teste, seguiria um determinado tipo de caminho.

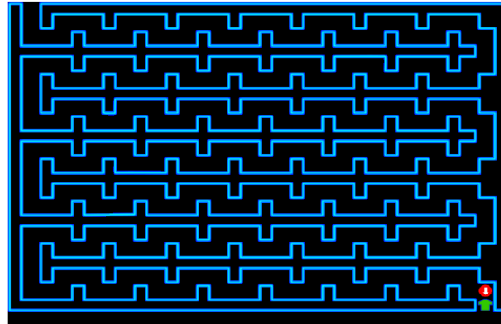


FIGURA 25: Labirinto com uma única saída

Vários subsídios podem ser abstraídos destas atividades, como a capacidade de encontrar a solução adequada, a psicomotricidade (pelo estudo das colisões com paredes e da excentricidade da trajetória), o tempo de realização, a natureza (por exemplo, nível de linearidade) e o grau de sofisticação da solução encontrada (no caso de múltiplas soluções), e a forma como a repetição do problema (de forma exata ou com variações) interfere nestes quesitos. Testes simples, de memória visual, podem ser realizados fazendo uma rápida apresentação da solução, por alguns segundos, no início da tarefa.

Outros elementos, como Medidas de capacidade de adaptação e de plasticidade podem ser obtidas modulando-se cada parâmetro do procedimento como, número de voltas, espessura dos contornos e obstáculos, contraste de cores do fundo e de bordas, movimento de translação do campo inteiro, modificação topológica contínua da geometria da solução.

Para a construção de Testes cognitivos, a estrutura se constitui a partir do módulo de observação/controle. Indica-se iniciar pelo estabelecimento da seqüência de atividades (tarefas) a serem implementadas. Cada atividade (tarefa) deve ter definidos os elementos do campo de prova (elementos pictóricos e sons associados) associados a objetos, que correspondem à unidade de ação do sistema. Posteriormente, definem-se os eventos diretos, permitidos ao usuário (teclado e dispositivo apontador) e as relações interativas entre estes e

os objetos não associados ao sujeito (contextuais). Por fim é codificada a forma de processamento da avaliação (critérios de análise).

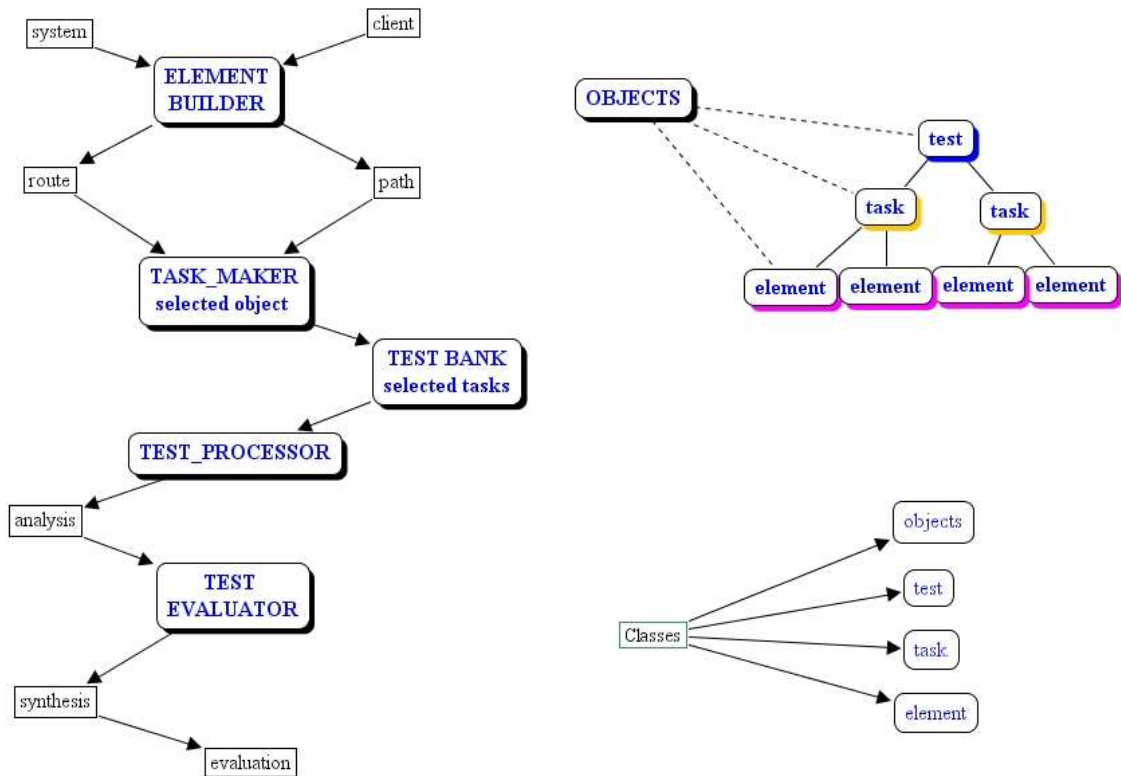


FIGURA 26: Fluxo processamento e avaliação no *Gmaker*

Cada tarefa especificada pode ter seus elementos de representação e de avaliação reestruturados (como no caso de um teste para percepção, como é o caso do estudo em questão), e também exportados para constituírem de forma original ou modificada outros testes que podem vir a ser agrupados em baterias distribuídas em grupos de funcionalidade de interesse .

A figura a seguir, demonstra alguns formatos de testes elaborados no *Gmaker* demonstrando algumas possibilidades de variações interessantes no campo de prova. O acréscimo de variáveis interferentes aumenta a dificuldade do teste, dado que contribui para a idéia de criação de um “jogo” para o protótipo aqui definido.

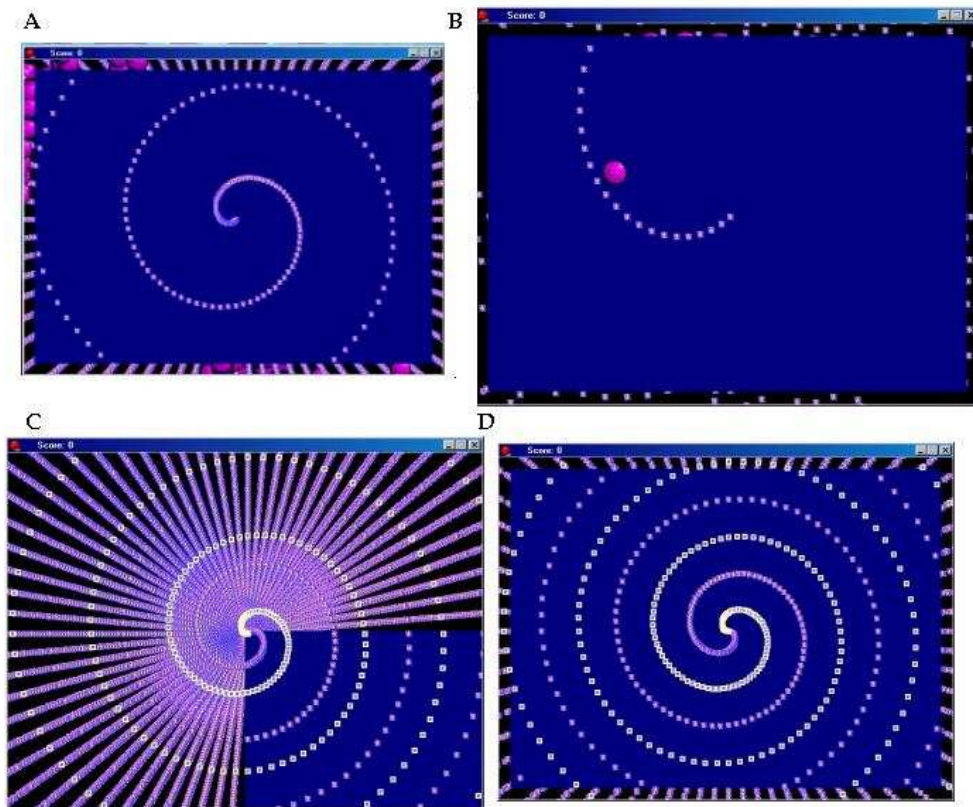


FIGURA 27: Game Maker e variações no campo de prova

A imagem B (da figura acima) apresenta uma esfera controlável pelo sujeito em teste. Existe ao fundo, um percurso que se move e expande-se sob taxas de rotação e velocidade determinadas. O desempenho é computado pelo número de colisões por unidade de tempo, associadas às condições em que foram geradas. A imagem C permite estudo com sub campos perceptivos, e a imagem D com campos antidirecionais.

2.4 O SISTEMA NERVOSO CENTRAL E AS SINAPSES

Em se tratando de um estudo sobre funções cognitivas, em especial a percepção e a representação humana, muito embora funções em paralelo⁶⁹, como a memória, também estejam presentes, requer-se um conhecimento prévio sobre o sistema nervoso central.

Nesse sub capítulo, o objetivo é demonstrar a constituição do SNC apresentando em especial, o cérebro cognitivo, os impulsos nervosos e as sinapses.

2.4.1 O Sistema Nervoso Central

De acordo com *Kandel* (2000) o Sistema nervoso central (SNC) constitui-se de sete partes principais:

medula espinhal: recebe e processa as informações sensoriais;

bulbo: responsável por funções vitais como digestão, frequência cardíaca e respiração;

ponte: transmite informações do cérebro para o cerebelo;

cerebelo: modula a força e o movimento e atua nas habilidades motoras;

mesencéfalo: controla funções sensoriais e motoras; principalmente o que se refere a movimentos e reflexos visuais e auditivos;

diencéfalo: subdividido em tálamo e hipotálamo: tálamo responsável pela maior parte das informações que chegam ao córtex cerebral e o hipotálamo regula funções endócrinas, autonômicas e viscerais;

hemisférios cerebrais: consistem no córtex cerebral (onde estão os lobos cerebrais – parietal, frontal, occipital e temporal), os gânglios da base, o hipocampo e o núcleo amigdalóide. O córtex, camada externa de cor cinzenta (formada em sua maior parte por corpos celulares), cobre inteiramente os dois hemisférios e é responsável pela maioria das funções cognitivas;

enquanto os gânglios regulam o desempenho motor, o hipocampo participa no

⁶⁹ Termo extraído da idéia de um dos princípios organizadores do sistema nervoso central, *o processamento em paralelo* que diz que as funções cerebrais (motoras, sensoriais...) são desempenhadas por mais de uma via neural (KANDEL, 2000, p. 9).

armazenamento da memória, e o núcleo amigdalóide (ou amígdala) é responsável pela coordenação das respostas autonômicas e endócrinas junto aos estados emocionais.

O córtex, representado pelos lobos cerebrais é de especial importância para este estudo por ser a área das funções cognitivas e por representar os locais do cérebro em que o eletroencefalograma (EEG) pode ser utilizado.

Cada lobo cerebral tem funções específicas e especializadas. O lobo frontal é responsável pelo planejamento futuro e pelo controle do movimento além de conter a área de Broca⁷⁰ (região da compreensão da fala); o lobo temporal relaciona-se à audição, à memória, à emoção e ao aprendizado; o lobo parietal tem a ver com as sensações táteis e imagem do corpo e o lobo occipital, responsável pela visão; na confluência dos lobos parietal e occipital está a área de *Wernicke* (mais precisamente localizada no lobo temporal), região da fala.

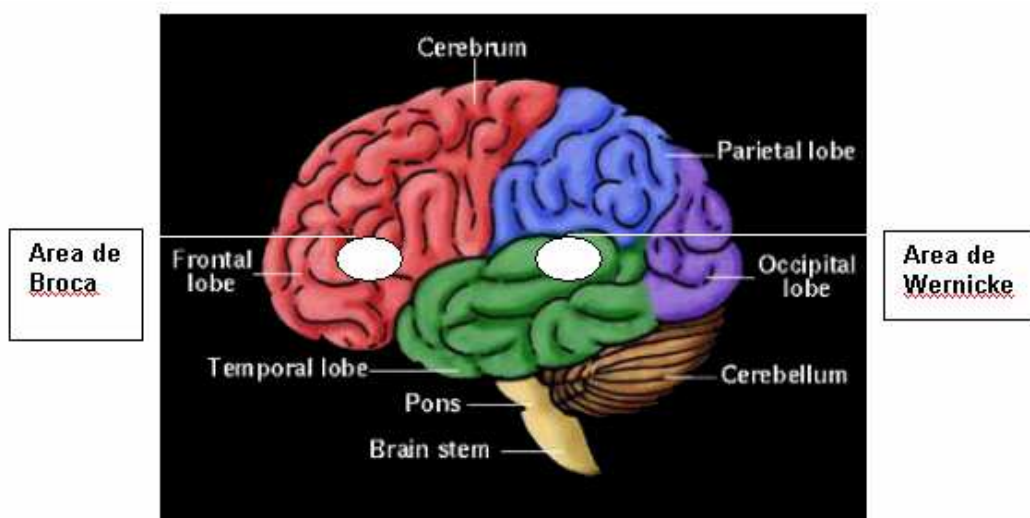


FIGURA 28: Córtex cerebral, lobos, Wernicke e Broca

⁷⁰ *Broca*: Pierre Paul Broca descobre que a região da fala não é a região da compreensão da fala (KANDEL, 2000, p. 10).

Para Wernicke⁷¹ (1876) apenas as funções mentais básicas (perceptivas e motoras) estariam localizadas em regiões corticais únicas, enquanto as funções mentais mais complexas como as intelectuais, estariam representadas na interconexão entre várias regiões cerebrais. Os estudos de Wernicke envolveram basicamente a linguagem e segundo ele, a lógica de seu funcionamento ocorre primeiramente através da percepção (auditiva ou visual) advindas das áreas corticais sensoriais. “As representações neurais dessas percepções seriam, então, transmitidas para uma área cortical associativa [...]. Aí, as palavras faladas ou escritas seriam transformadas em representação neural comum, um código compartilhado pela fala e pela escrita. [...] esse código é transmitido para a área de Wernicke, onde seria reconhecido como linguagem e associando a um significado” (MEYER, 2002, p. 10-11).

2.4.2 Os Impulsos nervosos

Os tecidos cerebrais são compostos basicamente por duas linhagens celulares: os neurônios e as células de sustentação conhecidas como células da glia (ou neuróglias). Os neurônios são os constituintes fundamentais do sistema nervoso. Estima-se que no cérebro humano existam aproximadamente 100 bilhões de neurônios.

Existem diversos tipos de neurônios, com diferentes funções dependendo das localizações e estruturas morfológicas, mas em geral constituem-se dos mesmos componentes básicos:

- corpo celular (soma) constituído de núcleo e pericário, que dá suporte metabólico à toda célula;
- axônio⁷² (fibra nervosa) prolongamento único e grande que aparece no soma. É responsável pela condução dos impulsos nervosos e só possui ramificações na extremidade.

⁷¹ Wernicke: *Carl Wernicke*. Cientista contrário aos frenologistas argumentou que o córtex era um campo agregado e não específico (KANDEL, 2000, p. 11).

⁷² Em toda sua extensão, o axônio é envolvido por um tipo celular denominado célula de Schwann. Em muitos axônios, as células de Schwann determinam a formação da bainha de mielina - invólucro lipídico que atua como isolante térmico e facilita a transmissão do impulso nervoso.

- dendritos: ramificações (arborizações terminais) que emergem do pericário e do final do axônio, sendo, na maioria das vezes, responsáveis pela comunicação entre os neurônios através das sinapses.

Basicamente, cada neurônio, possui uma região receptiva e outra efetora em relação à condução da sinalização.

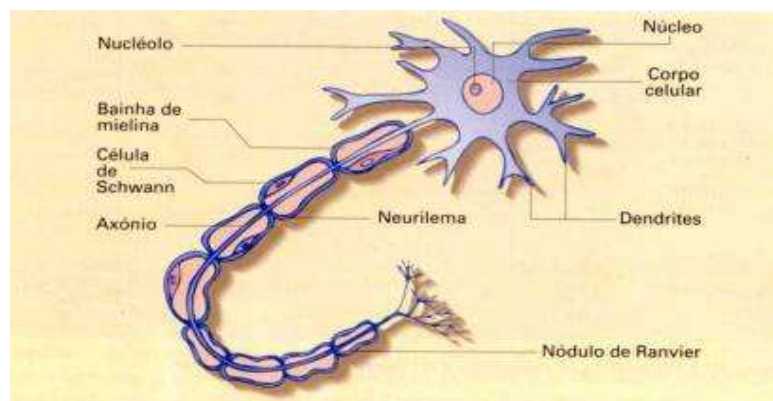


FIGURA 29: Estruturas básicas de um neurônio

O impulso nervoso no neurônio sempre migra no sentido dendrito --- corpo celular -- - axônio, como na figura a seguir. A região de passagem do impulso nervoso de um neurônio para a célula adjacente chama-se sinapse.

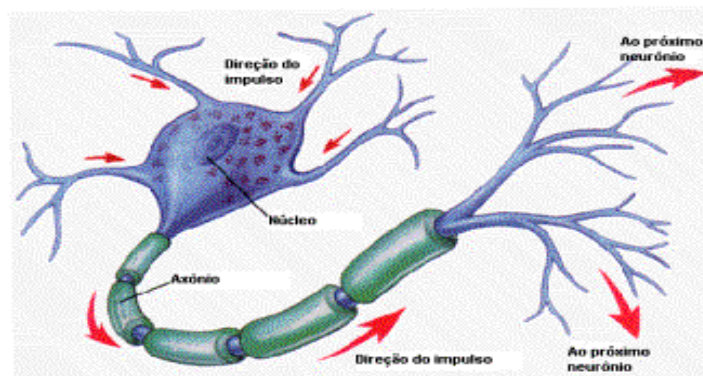


FIGURA 30: Sentido do impulso nervoso e das sinapses

No neurônio, o transporte de íons para geração do impulso nervoso ocorre através da membrana a qual realiza o transporte do líquido extracelular para o interior da fibra, e do contrário, do interior ao líquido extracelular. Esse processo chama-se bomba de sódio e potássio, mecanismo de transporte ativo imprescindível para a geração do impulso; o processo ocorre bombeando ativamente o sódio para fora, enquanto o potássio é bombeado ativamente para dentro da célula. Porém, esse bombeamento ocorre com desequilíbrio de cargas: para cada três íons sódio bombeados para o líquido extracelular, apenas dois íons potássio são bombeados para o líquido intracelular.

Esse desequilíbrio gera uma diferença de cargas positivas entre o interior e o exterior da membrana plasmática, criando-se assim um gradiente elétrico na membrana. O potencial eletronegativo criado no interior da fibra, é conhecido como potencial de repouso da membrana (-70 mV a 95mV) o que gera uma polarização na membrana. Para compreender melhor esse processo de condução de cargas elétricas no cérebro, é importante salientar que há sempre uma etapa de despolarização e outra de repolarização na membrana, conforme descrição abaixo.

O impulso nervoso ocorre a partir de uma estimulação da membrana, o que gera abertura dos canais de sódio. Como a concentração desse íon é maior fora do que dentro da célula, o sódio atravessa a membrana no sentido do interior da célula. A entrada de sódio é acompanhada pela pequena saída de potássio. Esta inversão vai sendo transmitida ao longo do axônio, e todo esse processo é considerado um impulso nervoso ou onda de despolarização.

A despolarização do nervo (através da troca de íons na membrana) é quem gera o impulso nervoso que se propaga até atingir as extremidades da fibra. Imediatamente após essa despolarização, o interior da fibra torna-se carregado positivamente, porque um grande número de íons (cátions)⁷³ sódio difundiu-se para o interior. Essa positividade determina a parada do fluxo de íons sódio para o interior da fibra, fazendo com que a membrana se torne novamente impermeável a esses íons. Por outro lado, a membrana torna-se ainda mais permeável ao potássio (também cátion), que migra para o meio interno. Devido à alta concentração desse íon no interior, muitos íons difundem-se, então, para o lado de fora. Isso

⁷³ Cátions: íons positivos; com cargas +.

cria novamente eletronegatividade no interior da membrana e positividade no exterior – processo chamado repolarização, pelo qual se reestabelece a polaridade normal da membrana.

A repolarização normalmente se inicia no mesmo ponto onde se originou a despolarização, propagando-se ao longo da fibra. Após à repolarização, a bomba de sódio bombeia novamente os íons sódio para o exterior da membrana, criando um déficit extra de cargas positivas no interior da membrana, que se torna temporariamente mais negativo do que o normal. A eletronegatividade excessiva no interior atrai íons potássio de volta para o interior (por difusão e por transporte ativo). Assim, o processo traz as diferenças iônicas de volta aos seus níveis originais.

2.4.3 As Sinapses

Sherrington apud Kandel (2000) define sinapse como sendo a zona de contato especializada onde se dá a comunicação entre os neurônios. Há dois tipos de sinapses no cérebro, as elétricas e as químicas.

Em ambos os tipos de sinapses a corrente elétrica flui de dentro para fora conforme já mencionado na figura b (anteriormente mostrada). Dentre as principais diferenças entre estas sinapses está o fato de que o agente de transmissão na sinapse elétrica é basicamente a corrente iônica, enquanto que na sinapse química, o agente é um transmissor químico.

A forma predominante de comunicação neuronal no cérebro humano é a sinapse química por possuir as capacidades de amplificação dos sinais elétricos e de modificação de suas ações.

Mas todo o processo sináptico químico requer a existência de neurotransmissores para ocorrer. Segundo Kandel (2000) um transmissor químico vem a ser “uma substância que é liberada numa sinapse por um neurônio e que afeta uma outra célula, quer seja um neurônio ou um órgão efector, de maneira específica” (p. 238). Existem cerca de 9 substâncias consideradas cientificamente como neurotransmissores, são elas: acetilcolina; dopamina,

norepinefrina, epinefrina, serotonina e a histamina (aminas biogênicas); ácido γ -aminobutírico, glicina e glutamato (aminoácidos).

Como uma das substâncias desencadeantes das sinapses químicas, a serotonina sempre mereceu interesse especial por estar implicada, através dos neurônios serotoninérgicos⁷⁴ (localizados no tronco cerebral), nas funções mentais e neurológicas⁷⁵, nas funções cognitivas e na regulação da atenção. De qualquer forma, as implicações e alterações dessa substância, na prática, só foram realmente detectadas em moluscos. Em se tratando de seres humanos, o glutamato é a substância que mais interfere em termos cognitivos.

2.5 ANÁLISE VIA ELETROGÊNESE E FLUXO SANGUÍNEO CEREBRAL (*EEG*)⁷⁶

O uso de *EEG* para esse experimento está implicado na idéia da presença do Efeito Perky⁷⁷ durante todo o experimento. Algumas das formas de visualização da correlação entre imaginário mental e sistema visual já se deram a partir dos estudos de *Bisiach e Luzzatti*⁷⁸ e *Kosslyn*⁷⁹ os quais partilham a idéia de que o cérebro visual é a sede das imagens mentais. Sendo assim, muito embora não se esteja inferindo que a percepção e representação ocorram simplesmente no cérebro visual, supões-se que a análise via *EEG* poderá trazer dados significativos sobre esse processo.

[...] toda reflexão sobre uma função cerebral implica previamente que ela seja realizada no quadro de uma fenomenologia decididamente materialista. As análises por imagens demonstraram sem discussão possível que o cérebro pode ser um lugar de representação e que a sua função não pode ser limitada à ação. Uma atividade físico-química intensa acompanha as funções cognitivas cerebrais,

⁷⁴ A localização mais precisa dos neurônios serotoninérgicos é “dentro e em torno do núcleos da rafe da linha média do tronco cerebral” (KANDEL, 2000, p. 239).

⁷⁵ Segundo Kandel (2000), a serotonina tbém. interfere nas disfunções mentais e neurológicas como a depressão, a esquizofrenia, a dependência às drogas e a doença de Parkinson. (p.239)

⁷⁶ As bases da Pesquisa sobre em EEG foram extraídas Lopes (2004).

⁷⁷ Efeito Perky: efeito da imagem mental associada à visão; abordado no referencial teórico em Pinker

⁷⁸ Bisiach e Luzzatti: neuropsicólogos italianos pesquisadores de danos no lobo parietal direito (PINKER, 2000).

⁷⁹ Stephen Kosslyn: Utilizou o pet scanning (tomografia por emissão de pósitrons) para visualizar as partes do cérebro que se iluminavam quando a imaginação de uma letra do alfabeto era solicitada aos sujeitos de sua amostra. Sua verificação constatou que o córtex visual (ou cérebro occipital) sempre se iluminava.

derrubando a hipótese de que a memória seja de natureza espiritual e que a memória cerebral se reduza a uma memória proprioceptiva (MEYER, 2002, p. 27).

Esses dados significativos referem-se a possibilidade de verificação de diferentes sinais sendo emitidos ao cérebro durante performance na modelagem e assim, promover mapeamentos individuais dessas frequências.

Em 1994, *Wilson e McNaughton*⁸⁰, usando a técnica de registro de um pequeno número de neurônios do hipocampo do rato, constataram que certas células geram uma corrente elétrica toda vez que o animal é levado de volta ao lugar onde foi feita a aprendizagem e que a mesma excitação ocorre espontaneamente durante o sono lento. Apesar de não se estar trabalhando com animais mas com seres humanos, a literatura neurocientífica já discutida, sugere eficácia na utilização da técnica.

2.5.1 Os Sinais de EEG

De uma forma sintética, o EEG reflete a atividade elétrica (que pode ser captada) de uma população de neurônios cerebrais.

Os neurônios do córtex estão distribuídos em 6 camadas paralelas à superfície cortical (estratificação por profundidade). Estes neurônios são de dois tipos: piramidais (camadas III e V) e não-piramidais (I, II, IV e VI). As células piramidais da V camada são as que mais contribuem nos sinais elétricos registrados no EEG.

As atividades elétricas do córtex podem decorrer do Potencial de Ação (PA) ou do Potencial Pós - Sináptico (PPS).

PA: decorrente da transmissão dos impulsos elétricos pelos axônios, pouco contribuem para o registro cortical, uma vez que ocorrem assincronamente e são de curta duração.

⁸⁰ O registro encontra-se em Meyer (2002).

PPS: aparecem sobre a membrana celular após a repolarização. Esses potenciais são provavelmente os principais responsáveis pela geração dos campos elétricos extra - celulares que vão influenciar na formação do EEG segundo Lopes da Silva (1987). Se ocorrem sinapses excitatórias (dendritos com polaridade negativa em relação ao corpo celular) e inibitórias (dendritos com polaridade positiva em relação ao corpo celular) alcançam os dendritos de cada neurônio, flui corrente para os dendritos e soma celulares, respectivamente, definindo dipolos elétricos, como pode ser observado na figura 24. Os dipolos mudam de intensidade e sentido, produzindo flutuações ondulares no potencial elétrico resultante no volume condutor.

O fluxo de correntes extracelulares produzidos pelo PPS e pelo PA dos axônios podem disparar sincronamente para gerar potenciais corticais, esta sincronização poder ser entendida pela interconexão de sinapses dendríticas. Qualquer mudança elétrica registrada na superfície cortical é causada pela atividade ordenada e simétrica de uma classe de células corticais.

O fluxo de íons no espaço extracelular gerado pelos processos descritos acima são acompanhados por campos elétricos que se propagam na superfície, dando origem ao sinal de EEG que é captado sobre o escalpo.

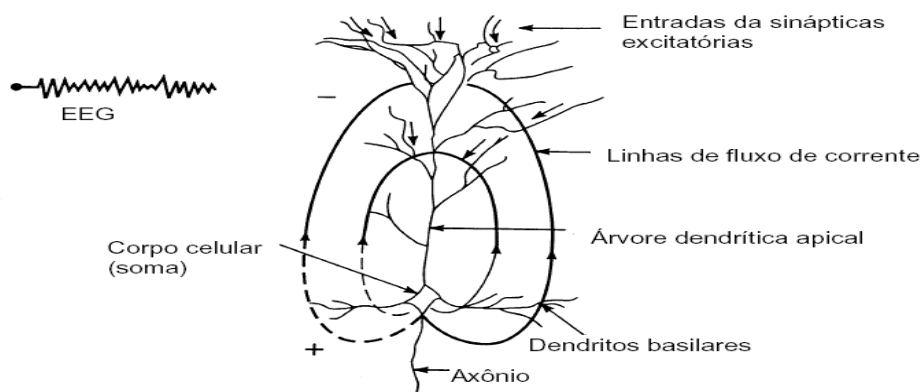


FIGURA 31: Eletrogênese do potencial cortical

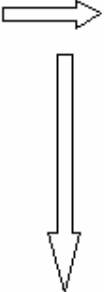
2.5.2 Características do Sinal de EEG

A descoberta da atividade elétrica cerebral humana deu-se em 1875 por Caton. Acreditava-se que essa atividade apenas poderia ser medida sobre a membrana que recobre o cérebro, o córtex, mas devido ao trabalho pioneiro de *Berger* em 1929-1932, tornou-se possível registrar a atividade elétrica cerebral por meio de eletrodos posicionados externamente sobre o crânio intacto, evitando-se assim um processo invasivo, ou seja, cirúrgico. Este registro, o EEG, tem mostrado ser uma ferramenta muito útil para pesquisas sobre estado funcional do cérebro e no diagnóstico de danos e distúrbios funcionais.

Em seu trabalho, *Berger* fez uma completa e extensiva investigação das características e propriedades do EEG. Naturalmente suas observações eram baseadas no que podia ser visto nos traços de EEG gravados em papel. Logo ficou óbvio que o conteúdo de frequência deste sinal era de importância crucial para a avaliação do EEG. *Berger* criou uma nomenclatura para as diferentes componentes no traçado do EEG que ainda são usadas na descrição clínica tradicional de um EEG. As formas de onda são classificadas de acordo com sua frequência, amplitude e forma de onda, assim como pela localização dos eletrodos no escalpo onde está ocorrendo a gravação do sinal.

Costa (1994) salienta que, o registro dos sinais elétricos no escalpo indicam que a atividade elétrica no cérebro ocorre continuamente, e que a intensidade e o ritmo destes sinais dependem do nível global de excitação do cérebro. Ao contrário de outros sinais bioelétricos como o eletrocardiograma (ECG), o registro eletroencefalográfico é caracterizado por uma aparente irregularidade. Contudo, existem várias atividades distintas de funcionamento cerebral normal que foram identificadas, estas atividades receberam a designação de ritmo. Na tabela a seguir há a designação de cada uma delas e sua respectiva faixa de frequência.

Ritmo	Frequencia(Hz)	Comentários
Alfa (α)	8 - 13	Occipital, associado com indivíduo desperto e relaxado, mais intenso com os olhos fechados.
Beta (β)	14 - 30	Mais evidente nas derivações frontais-parietais; melhor observado com alfa bloqueado.
Delta (δ)	1 - 3	Presente em: crianças com menos de 1 ano; durante sono normal; em doenças do cérebro; em anestesia profunda.
Theta (θ)	4 - 7	Predominante em crianças dos 2 aos 5 anos; mais evidentes nas derivações parietais-temporais.



Ritmos e Frequências a serem pesquisados no presente estudo

FIGURA 32: Tabela - Ritmos característicos do EEG normal e sua faixa de frequências

2.5.3 Componentes do Sinal de EEG

Em termos gerais a atividade de EEG pode ser dividida em ritmos regulares e eventos paroxísmicos. Eventos paroxísmicos são definidos por Kellaway (1973) como aparecimentos súbitos de frequências não previamente presentes ou minimamente aparentes com ou sem um aumento súbito na voltagem. Paroxismos mudam em voltagem, ou frequência, ou ambos. Pode envolver eventos de onda-única, trens de onda, ou transitórios. Como os eventos paroxísmicos são freqüentemente, com algumas exceções notáveis, vistos em sono e como várias formas de artefatos, achados anormais considerados, é importante que os sistemas de análise automáticos prestem atenção adequada à separação e descoberta do paroxismo. A seguir encontra-se uma breve discussão sobre as formas de onda diferentes e as condições onde elas aparecem em adultos.

2.5.3.1 Atividade alfa

É um dos ritmos mais importantes nos estudos de vigília, embora haja variação significativa na quantidade de ondas alfa entre indivíduos no domínio normal. Freqüentemente o ritmo alfa é claramente visível nos canais occipitais do EEG, quando os olhos estão fechados enquanto o indivíduo está acordado. Além de em vigília, a atividade alfa também

está presente em fases 1 e REM do sono, porém sua frequência é um pouco inferior, mas sua proporção progressivamente diminui para as fases de sono mais fundas.



FIGURA 33: Ritmo Alfa

2.5.3.2 Atividade beta

Como acontece com a atividade alfa, a variação interindividual da atividade beta na faixa de frequência superior a 17.0 Hz (ou acima de 15 Hz) é proeminente de acordo com Hasan et al. (1983). A Atividade beta não é usada como um parâmetro visual para o estagiamento do sono. Uma explicação para isto é o fato que nenhum pico de atividade beta significativo ser encontrado durante fases de sono diferentes. A faixa de frequência do ritmo beta, porém, é importante por ser o único descritor do sono em EEG que permanece constante com idade crescente. Sendo assim, aumentou-se o interesse nesse enfoque pelos projetistas de sistemas automáticos.



FIGURA 34: Ritmo Beta

2.5.3.3 Atividade delta

Embora possa ser encontrada em todos os níveis de vigiância, a atividade delta cresce quando o indivíduo passa para as fases de sono mais fundas que começam na fase 2 e

está presente em mais de 50% do tempo na fase 4. Detalhes sobre o assunto estão em Rechtschaffen (1968).



FIGURA 35: Ritmo Delta

2.5.3.4 Atividade theta

As ondas dente de serra presentes no sono REM (movimento rápido de olhos) estão dentro da faixa da atividade theta, mas os valores determinísticos destas ondas geralmente não são muito altos, porque é um fenômeno comum em fases de sono leve. A faixa frequência 4.0-70 Hz é usada em análise de período, porém, é utilizada como critério parcial de separação da vigília dos outros estágios do sono.



FIGURA 36: Ritmo Theta

2.5.3.5 Atividade sigma ou beta 1

Segundo Rechtschaffen (1968) a atividade Sigma na faixa de frequência de 13.0 a 17.0 Hz (ou 12.0 - 14.0 Hz) é frequentemente chamada de atividade beta 1. Embora os fusos sigma (surto rítmicos nesta faixa de frequência) são talvez o indicador mais importante da fase 2 do sono, sua existência em uma certa parte de gravação não exclui outras fases de sono, porque eles também podem estar presentes nas fases 3 e 4. Alguns estudos indicam que o número de fusos diminui ao final da noite, mas isto provavelmente pode ser explicado pelo

fato que a proporção de sono de REM (onde não são achados fusos) aumenta simultaneamente.



FIGURA 37: Ritmo Sigma ou Beta 1

2.5.4 Captação dos Sinais de EEG

O sinal elétrico presente na superfície do escalpo é captado através de eletrodos que são fixados no couro cabeludo por meio de uma pasta eletrolítica condutora, em uma disposição mundialmente aceita como sendo a do Sistema Internacional de Posicionamento 10-20, ilustrado na figura 38.

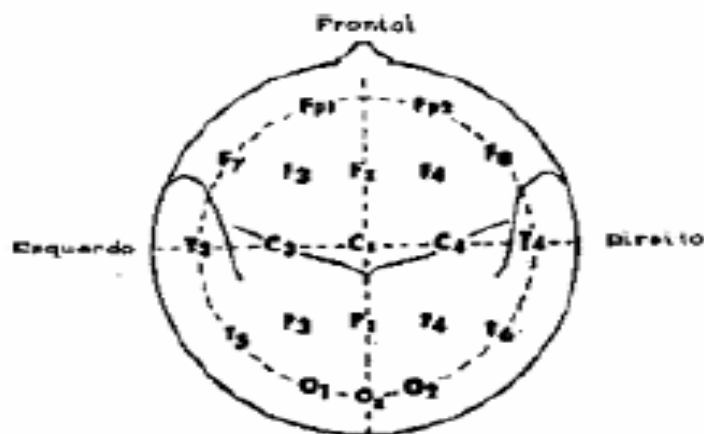


FIGURA 38: Colocação dos eletrodos para a aquisição do EEG, Sistema 10-20.

A atividade dos elétrodos é registrada para 10 a 30 min por meio de um registrador multicanal variando entre 8 e 20 canais permitindo uma pesquisa simultânea da atividade

elétrica em partes diferentes do cérebro. Normalmente o registro é feito com o paciente acordado e em repouso, mas freqüentemente são usadas condições como sono, hiperventilação, e estimulação através de “flashes” de luzes para revelar atividades intermitentes como epilepsia ou outro mau funcionamento temporário do cérebro. Durante a rotina clínica habitual, divergências desta faixa "normal" são anotadas como "anormalidades". O EEG também é usado para monitorar operações que direta ou indiretamente influenciam o funcionamento do cérebro, como parar fluxo de sangue para o cérebro durante operações de artérias do cérebro ou para localizar áreas epiléticas no cérebro durante operações neurocirúrgicas, processo chamado de EletroCorticoGrafia (ECoG), pois neste caso o EEG é registrado diretamente do córtex cerebral. Como exemplo de aplicação do EEG é possível citar a investigação da influência de drogas, e mais recentemente foi usado para o estudo do efeito da poluição ambiental em seres humanos de acordo com Bernardi (1999).

Como em qualquer técnica a quantidade de informações é imensa mas a habilidade para descobrir padrões especiais, mudanças, alterações e diferenças compete a profissionais da área médica, neurofisiologistas ou psiquiatras que saibam utilizar também interpretações subjetivas. De qualquer forma, há muitas tentativas para desenvolver métodos objetivos para quantificar gravações de EEG.

Ainda hoje se faz o uso de técnicas analógicas que envolvem elementos como filtros, amplificadores e detectores, mas ultimamente técnicas digitais vêm sendo cada vez mais utilizadas.

O procedimento, em si, de captação de sinais, pode ser descrito em três passos: Primeiramente, são selecionadas seções apropriadas de uma gravação para análise adicional, ou através de separação visual ou por procedimentos automáticos baseado em algoritmos de teste. Isto envolve eliminação de seções contaminadas por artefatos e ruídos. Um segundo passo inclui a extração de características específicas do processo relevantes para o propósito de análise. Pode-se achar descrições boas da atividade de fundo do EEG ou descobrir eventos específicos e formas de ondas específicas, como espículas e ondas agudas. O passo final é classificar seções de gravações de EEG e identificar o conjunto apropriado de classes. Isto aponta freqüentemente a ordenar EEG normal de forma singular e excluir seções

desinteressantes de registros de longa duração. O propósito também pode ser identificar os estados funcionais do cérebro, como em uma análise dos estágios do sono.

O cérebro humano é um sistema extremamente complexo que, por sua vez, gera sinais eletroencefalográficos complexos. Esta característica do sinal de EEG e sua importância nas pesquisas sobre o funcionamento cerebral, assim como suas aplicações clínicas, tornou imprescindível a introdução de métodos de análise de sinais nos estudos de EEG. Neste capítulo serão explicitadas algumas características dos sinais de EEG, bem como algumas possibilidades de processamento digital.

O esquema a seguir mostra como ocorre a captação de um sinal elétrico com o EEG:

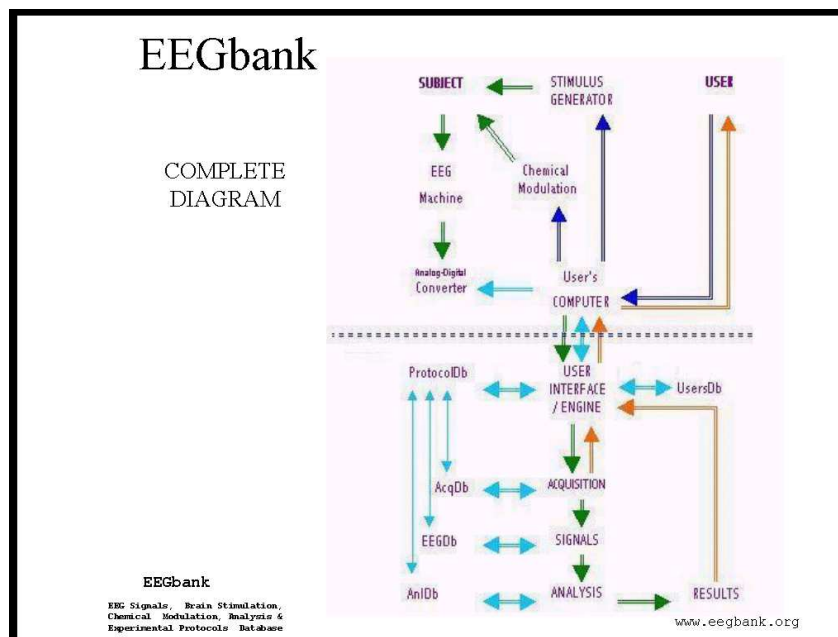


FIGURA 39: Captação de Sinal com EEG

Um sinal pode ser descrito como um fenômeno que contém informações para um determinado fenômeno. Os sinais biomédicos constituem uma classe especial de sinais que contém informação a respeito de sistemas biológicos e normalmente aplicados a situações médicas. Entretanto, é possível utilizar-se o EEG para aplicações não necessariamente

médicas como no caso em especial⁸¹, o qual estará sendo utilizado para aplicações cognitivas gerais.

No entanto, as bases teóricas para entendimento do uso de EEG estão contempladas em uma literatura que ainda privilegia seu uso biomédico e não cognitivo.

Para o processamento de sinais biomédicos deve-se conhecer as condições de aquisição do sinal de interesse, as características básicas desse sinal e qual o objetivo final do processamento, ou seja, qual a informação desejada. O sinal biomédico de interesse neste trabalho está na classe dos sinais bioelétricos, pois é gerado pela atividade nervosa e sua fonte são os potenciais da membrana celular.

Os sinais podem ser divididos genericamente em contínuos e discretos. Os sinais bioelétricos são contínuos na sua grande maioria. Todavia, dada a existência de grande número de ferramentas para processamento de sinais discretos derivados do avanço computacional digital, geralmente esses sinais contínuos são amostrados e transformam-se em discretos.

Outra forma de classificação dos sinais bioelétricos coloca-os em dois grandes grupos: determinísticos e estocásticos, ver figura 40. Os sinais determinísticos são aqueles que podem ser descritos por meio de ferramentas matemáticas ou gráficas. Os sinais bioelétricos reais nunca são determinísticos, pois sempre existirão ruídos e mudanças de parâmetros não previsíveis, derivados de mudanças do próprio sistema biológico sob análise segundo Campelo (2003). Apesar disso, é comum aproximar ou modelar um sinal estocástico (não – determinístico) usando funções determinísticas. Conforme pode ser observado na figura 40, os sinais determinísticos são subdivididos em periódicos e não-periódicos. Nos primeiros, existe uma determinada forma de onda com duração T , que se repete indefinidamente pelo tempo. * O sinal pode ser expresso por: $X(t) = x(t+nT)$ onde n é um número inteiro.

⁸¹ Caso em especial: refere-se a esta tese, o qual, apesar das intenções de desvendamento de ações cognitivas, de acordo com as possíveis aplicabilidades de pesquisa, até pode vir a ser utilizado em perspectivas médicas.

Muitas funções determinísticas não são periódicas e podem ser subdivididas como quase-periódicas e transientes. Frequentemente durante a análise de sinais bioelétricos, funções não periódicas são consideradas quase-periódicas ou mesmo periódicas complexas.

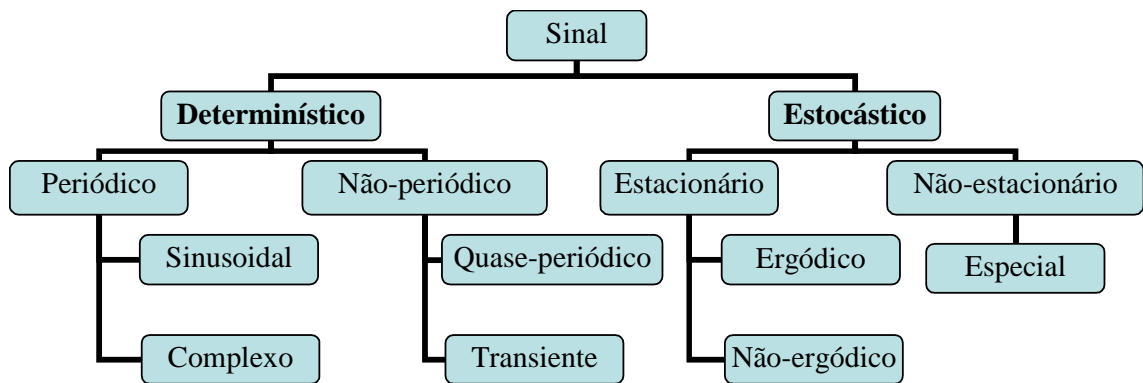


FIGURA 40: Classificação dos sinais bioelétricos de acordo com suas características⁸²

Para detecção da percepção e representação humanas está-se tratando com um sinal estocástico.

2.6 COGNIÇÃO E ELETROFISIOLOGIA: ALGUNS ENSAIOS

Alguns trabalhos relativos a atividades cognitivas e medições de frequências via EEG tem sido realizados pela ciência mundial. Ensaios esses, que articulam relações entre a linguagem, formação de imagens e semântica com áreas cerebrais e que servem de base para o presente estudo. Entretanto, não foram encontrados registros que contenha especificamente dados relativos à detecção de percepção e de representação humana em ambientes digitais, tais quais são contemplados na criação da modelagem do JCP.

⁸² A figura 40 foi extraída de Lopes (2004).

Stein et al.⁸³ (1999) e sua equipe realizaram um estudo profundo intitulado⁸⁴ “Sincronização entre o córtex temporal e o parietal durante processamento multimodal de objetos no homem” no qual fôra abordada a relação entre percepção sensorial variada e representação conceitual de seres humanos a partir da visualização (multimodal) pictórica, escrita e falada de objetos.

A Pesquisa contou com 19 sujeitos para a amostra; o método utilizou-se de imagens (variadas) expostas em preto e branco em um computador que posicionava-se a uma distância de 50cm da amostra que se encontrava confortavelmente sentada; e a análise foi via EEG utilizando-se o sistema 10/20 para detecção de amplitude e coerência durante realização do experimento.

A tese de partida (testada em gatos) para esse experimento é que a atividade sincrônica em um grupo determinado de células neuronais serve para ligar qualidades perceptivas diferentes de um objeto; essa afirmativa projeta que mecanismos similares podem ser observados em seres humanos no que se refere à representação da entidade da supramodal.

A hipótese do trabalho é que os diferentes receptores sensoriais convergem em algum lugar para formar uma representação uniforme dos objetos, o que poderia ser um representação conceitual dos objetos. No entanto, segundo os pesquisadores uma dúvida paira, ou seja, existiria no cérebro, uma área ou um módulo responsável pela representação do conceito ou haveria uma associação de todas as representações sensoriais de um objeto dentro de uma larga rede?

A representação multimodal de objetos não tem sido sistematicamente investigada. Na pesquisa animal, há investigações em nível intracortical das áreas multimodais, mas a representação em si, não. Já as representações de linguagem tem sido melhor examinadas, como o modelo proposto por Geswind em 1972, muito embora, alguns mais anos mais tarde tenha sido questionado pelo modelo/conceito de representação distribuída.

⁸³ Von Stein; Rappelsberger; Sarthein and Petsche são pesquisadores do Institut für Neurophysiologie, Univeversität Wien – Áustria.

⁸⁴ Título original: “Synchronization between temporal and parietal córtex during multimodal object processing in man”.

Na perspectiva da distribuição, conceitos podem ser simplesmente representados por associações entre diferentes redes sensoriais, formando uma rede (intermodal) distribuída por todo o córtex.

De qualquer forma, novamente volta à tona questões que cercam as mesmas dúvidas levantadas por *Bérgson*, reforçadas por Meyer (2002), sobre a possível topografia cerebral, ou por Pinker (2000) sobre os “lugares” do sistema visual e das imagens mentais, ou ainda por Julesz sobre os pontos nevrálgicos da visão em estéreo, ou seja, como efetivamente diferentes características de um objeto como sua aparência visual, seu som, seu cheiro (entre outros) são interligados para formar uma experiência consciente uniforme?

Alguns testes têm realmente mostrado diferentes áreas para diferentes representações sensoriais, odores no bulbo olfatório, movimentos no córtex frontal (FREEMAN, 1983), mas não entre diferentes modalidades de apresentação. Então, existe de fato, uma área específica para esta parte integrativa do processamento ou há evidências de um conjunto de neurônios distribuídos das diferentes áreas sensoriais?

Um método ideal para a questão da representação supramodal/multimodal do objeto é aquele capaz de medir a sincronização dos conjuntos neuronais distribuídos e que possa ser usada em humanos. O EEG, a análise espectral eletroencefalográfica analisa a dinâmica das populações neuronais e suas interações diretamente em humanos. Pela análise do EEG no domínio da frequência, a atividade oscilatória e a sincronização podem ser medidas.

De fato, com EEG sobre o córtex humano visual, existe a evidência de que a amplitude medida reflete o estado de sincronização dentro do conjunto funcional de células visuais. Este relacionamento entre EEG e sincronização intracortical pode explicar porque as análises via este método tem tido sucesso em alguns ensaios⁸⁵ sobre processamentos cognitivos humanos tais como a linguagem, o raciocínio espacial e a atividade motora.

⁸⁵ A Pesquisa cita GEVINS et al. (1997); JOLIOT et al. (1994); STEIN et al. (1993); KLIMESCH et al. (1993); RAPPELSBERGER et al. (1991).

A Pesquisa, tal qual a idéia do JCP, envolve conexão com a percepção e com a memória (no caso a semântica e a episódica⁸⁶) mas tomou o cuidado de não trabalhar com testes comportamentais do tipo estímulo-resposta, do tipo memória, pois o objetivo era determinar correlatos de associação semântica os quais ocorrem em qualquer lugar na janela do tempo, depois do estímulo⁸⁷.

O Processo ocorreu apresentando-se aos sujeitos diferentes estímulos do dia a dia, de forma multimodal, representação pictórica, palavra escrita e palavra falada. A testagem envolvia sempre uma pergunta com a idéia de reconhecimento destes estímulos. O objetivo era a analisar como a atuação comum poderia ser determinada em todas as três modalidades como um correlato de representação supramodal do objeto. Como condições de controle eram apresentadas imagens, palavras escritas e faladas, absurdas, sem o menor senso. Os correlatos de representação semântica encontravam-se no cruzamento das diferenças e semelhanças entre as condições “normais” e “absurdas” em cada modalidade.

Foi encontrada uma ativação comum nas três modalidades nas quais os objetos foram percebidos; uma coerência engajada entre os eletrodos do parietal e do temporal. As conclusões levaram a que os conjuntos neuronais no córtex têmporo-parietal podem ser responsáveis pela representação supramodal (multimodal) dos conceitos porque as atividades detectadas nestes independeram das representações dos objetos estarem ocorrendo de forma pictórica, falada ou escrita. Isto acaba evidenciando que as populações de neurônios do córtex temporal interagem com populações de neurônios do córtex parietal durante processamento supramodal de objetos. A sincronização tendeu estar lateralizada no hemisfério esquerdo para integração semântica e para o hemisfério direito para integração não-semântica.

Um outro trabalho de relevância na área cognitiva e similar ao trabalho de Stein et al. (1999) (recém apresentado) é a Pesquisa de Peter Hagoort⁸⁸ (2004) e equipe intitulada⁸⁹

⁸⁶ Memória episódica: lembra-saber; o assunto foi discutido no referencial teórico deste projeto em Meyer

⁸⁷ A frase original diz: “The reason for omitting behavioral responses was that we wanted to determine correlates of semantic association which may occur anywhere in the time window after stimulus onset” (STEIN et al., 1999, p. 5).

⁸⁸ Hagoort; Hald; Bastiaansen, Petersson são pesquisadores holandeses do Donders Centre for Cognitive Neuroimaging, Nijmegen Institute for Cognition and Information, University of Nijmegen.

⁸⁹ Título original: “Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension”.

“Integração do significado da palavra e do conhecimento de mundo na compreensão da linguagem”.

Embora a pesquisa envolva um estudo sobre a linguagem (tema que não estará sendo discutido diretamente neste projeto de tese) versa sobre as percepções de significados de verdade dos sujeitos e se utiliza também de eletroencefalografia para detecção de integração entre os conhecimentos semânticos e os conhecimentos de mundo durante as interpretações das sentenças; utiliza-se também de ressonância⁹⁰ magnética funcional da imagem para detecção das regiões do córtex em que se processam essa integração.

A Pesquisa atuou junto a 30 sujeitos; as sentenças (cerca de 40 ítems) apareciam escritas no centro da tela de um computador e enquanto os sujeitos liam as sentenças o EEG detectava e ampliava as frequências do cérebro (frequência de 70Hz- 8s- a 200Hz)

O Trabalho discute as estruturas críticas do cérebro para significação de sentenças. O interessante dessa abordagem é que os pesquisadores partem da premissa que tudo os seres humanos ouvem ou lêem tenha significado mas que isso não “significa” que sejam verdadeiros. Nesse ponto é que se aprofunda um estudo sobre as estruturas críticas cerebrais e o tempo relativo de estabelecimento dos significados e verdades das expressões lingüísticas.

Seu desenvolvimento ocorreu apresentando aos sujeitos da pesquisa três versões de cada sentença, obviamente imersa no ambiente cultural dos sujeitos. Como exemplo, o caso das três sentenças (apresentadas resumidamente) “the Dutch trains are yellow/white/sour and very crowded”; o teor de verdade está na resposta “yellow”, no entanto a resposta “white” estaria errada, mas do ponto de vista de conteúdo semântico com a proposição, coerente; já a última “sour”, incoerente com a proposição pois a relação disto tem a ver com comida e não com trens.

Na testagem, as violações semânticas desta natureza do exemplo assim como as violações de conhecimento de mundo apresentam um efeito na atividade do cérebro

⁹⁰ fMRI

eletrofisiológico e na resposta hemodinâmica. Se, portanto a interpretação semântica precede verificação contrária ao conhecimento do mundo, os efeitos das violações semânticas poderiam estar antes e invocar outras áreas do cérebro do que os efeitos das violações de conhecimento do mundo.

Como conclusões deste estudo, enquanto as pessoas lêem sentenças, o cérebro recebe e integra os significados das palavras e o conhecimento do mundo ao mesmo tempo. O córtex pré-frontal esquerdo inferior é fundamental para o processo de integração embora esta detecção não seja capaz de inferir a diferença entre uma sentença não verdadeira e uma sentença semanticamente anômala. De qualquer forma, as respostas oscilatórias do cérebro sugerem que o cérebro guarda uma memória do que vem a ser uma sentença difícil de interpretar e sendo assim isso acaba traduzindo-se no próprio significado da palavra ou o conhecimento do mundo.

Mais um trabalho possui relevância no cenário cognitivo da percepção na atualidade, o artigo⁹¹ de Palmeri e Gauthier (2004), “Compreensão visual de objetos”. O Trabalho (mais teórico que os anteriores) discute questões relativas aos processos de nexos, percepção visual e cognição visual humanos e para tanto, salienta de imediato a absurda separação teórica entre aspectos da percepção (no caso visual) e aspectos da cognição, algo semelhante ao que Phillippe Meyer (2002) intenta com as ciências “humanas” e as “neurocientíficas” a partir de sua biofilosofia. De uma forma um tanto quanto precipitada, é importante salientar que a idéia fundamental extraída deste trabalho refere-se à descoberta da interação entre os processos de percepção e de representação tematizados no presente projeto de tese.

Do ponto de vista teórico, para a compreensão visual dos objetos, o conhecimento de duas áreas torna-se fundamental, o reconhecimento dos objetos e a categorização perceptiva. No entanto, muito raramente essas áreas têm atuado de fato de forma complementar em estudos com bases computacionais para a compreensão visual dos objetos.

⁹¹ Título original: “*Visual object Understanding*”.

Tradicionalmente os modelos computacionais de reconhecimento de objetos promovem uma detalhada descrição do formato das representações dos objetos, assim como os modelos de categorização perceptiva enfatizam como as representações são usadas para tomar decisões. Ambas teorias, apesar da suposta separação, trazem subsídios para estudos referentes a como as representações podem utilizadas para reconhecer, identificar e categorizar objetos.

Uma das questões levantadas pelo estudo refere-se ao fato de algumas visões considerarem o conhecimento sobre categorias de objetos ser apenas um processo abstrato o que, atualmente tem sido ultimamente contrariado. Segundo os autores, há construções baseadas em visões e modelos próprios (*image-based*) o que seria fundamento para o reconhecimento de um objeto; e construções baseadas em exemplos (*exemplar-based*), o que seria para a categorização de objetos. Esses modelos são apoiados por resultados de imagens comportamentais, neurofisiológicos e funcionais. Existe, entretanto, um renovado apoio também para ensaios relativos a abstração, e novos modelos híbridos que tentam integrar descrições estruturais com representações e integrar categorias de representações abstratas com representações.

Suas conclusões⁹² acerca dessas relações entre conhecimento, percepção, representação e abstração e sugerem, de uma forma sintética que o objetivo da visão vem de fato ser a categorização dos objetos para reconhecimento o que ocorre com níveis diferentes de abstração. De qualquer forma, mesmo diante de especificidades processuais, alguns teóricos da *image-based* afirmam que a categorização em todos os níveis pode ser acompanhada usando representações de *image-based*, o que significaria um lugar comum no cérebro para a elaboração de todo o processo e principalmente para a representação.

Releva-se também que a percepção visual foi pensada para criar um input representacional para um sistema conceitual que identificou ou categorizou objetos em uma visão linear. Recentemente, mais soluções interativas têm sido propostas. As evidências indicam que existe uma interação entre percepção e conhecimento conceitual, e que a aprendizagem de categorias pode influenciar representações perceptivas.

⁹² Conclusões: o artigo sugere continuidade na Revista REVIEW- Nature Reviews Neuroscience.

O experimento de Marie Iding⁹³ (2000), intitulado de pesquisa a sobrecarga cognitiva incluída em ambientes digitais, através do acompanhamento e medição funções fisiológicas como movimentos e piscadas dos olhos, temperatura e pressão sanguíneas (dos usuários), eletromiografia (acompanhamento dos movimentos da musculatura da mão no mouse).

Para esta Pesquisa, inclusive, foi desenvolvido uma espécie de “mouse” que mensura a pressão realizada pela mão do usuário diante de um ambiente digital, para inferências à respeito de evidências de tensão, relaxamento, atenção, características representantes da cognição humana.

2.7 COGNIÇÃO: O OLHAR CONSTRUÍDO

Diante do referencial investigado, extraem-se aspectos sobre a Cognição que vem permear toda a caminhada conceitual desta tese para responder-se ao problema em questão: **É possível a criação de uma Modelagem para observação da Cognição humana mediada pelo uso de tecnologias digitais e acompanhada por impressões eletrofisiológicas?**

No âmbito da epistemologia genética de *Piaget* extraem-se os conceitos de percepção e de representação do espaço e a idéia de “movimento”, como troca de percepções. Da neurociência cognitiva e da percepção visual, extrai-se a idéia de “mente em evolução” a partir do sentido da visão, e o conceito de “campo de provas” para a criação do experimento representante da idéia-base da Modelagem a ser construída.

Da complexidade, o conjunto dialógica-recursividade-hologramática que constitui os atos de cognição como atos de pensamento e de memória. E de Preece – Rogers – Sharp, a idéia de Interação humano-computador, interface e modelo conceitual para caracterizar o jogo. De Kandel (2000) extraio a idéia de funcionamento cerebral, sinapses e localizações de ritmos e frequências elétricas e uso de EEG.

⁹³ Marie Iding é professora e pesquisadora na Universidade do Hawaii. A obra consultada refere-se a *Is seeing believing? Features of effective multimedia for learning science*.

O Conceito de Cognição a que se chega com os aportes teóricos, é o conceito pelo qual se parte para a execução da Modelagem. Este é entendido a partir do processamento da Percepção e Representação que significa como interpretar uma informação, sendo essa interpretação fruto das experiências dos indivíduos (em evolução), as quais são amadurecidas pelos esquemas de desenvolvimento e guardadas na memória, para então, novamente, subsidiarem todo o processo e gerarem conhecimento.

3 MÉTODO

Neste estudo compreende-se por *Método* a definição do Tipo de estudo desenvolvido e a Descrição de todas as ações pretendidas e possíveis para a Construção de uma Pesquisa, aqui denominada de Parte Experimental.

O Método utilizado para a presente Pesquisa - *Modelagem de observação cognitiva em ambiente digital acompanhada por impressões eletrofisiológicas* – encontra-se subdividido “Apresentação e Tipo de estudo desenvolvido” e “Parte experimental: Coleta dos Dados”.

3.1 APRESENTAÇÃO E TIPO DE ESTUDO DESENVOLVIDO

O presente estudo trata-se de uma pesquisa experimental, exploratória e bibliográfica. Ele apresenta a criação de um modelo experimental (fase I e fase II)⁹⁴, a seleção de uma amostragem para validação, o acompanhamento e a extração dos primeiros dados de uma atividade cognitiva dentro de um ambiente digital com concomitante observação de sua interferência cerebral para fins cognitivos. A investigação compreende claramente o desenvolvimento de um experimento pelo fato de ter criado e executado a criação e por ter trabalhado com variáveis dependentes (medidas ou registradas) e com variáveis independentes (manipuladas).

Como um estudo experimental, há duas considerações a serem feitas segundo Sampieri (1991):

- No que se refere à realização de ações, a pesquisa experimental tende a atuar em cima de uma relação de causa e efeito por trabalhar com a manipulação das

⁹⁴ Fase I e Fase II: Fases a serem tratadas na Parte experimental deste estudo.

variáveis independentes do fenômeno e registrar os possíveis “efeitos” a partir das variáveis dependentes, ou seja, na observação de suas conseqüências. No Experimento em questão, apesar de se ter trabalhado com uma relação entre variáveis, não houve uma distinção tão rígida quanto ao grau de dependência e independência das mesmas, principalmente por se tratar de um assunto ainda em fase de descobertas, e pelo fato do objetivo do próprio estudo, ser a validação da técnica, ou seja, da própria modelagem cognitiva.

- A escolha das variáveis não se permeou por um paradigma de causa e efeito e sim, por um paradigma relacional e complexo, uma vez em que se compreende o processamento cognitivo a partir de uma idéia de “movimento”, ou seja, obedecendo a uma complexidade em espiral, onde não há linearidade. Dessa forma, o *design* experimental nessa configuração é necessário para simplificar e assim permitir a visualização da própria complexidade inclusa na natureza cognitiva.

Conforme Morin (2005, p 35-36):

Deve-se lembrar aqui que a palavra ‘método’ não significa de jeito nenhum metodologia? As metodologias são guias *a priori* que programam as pesquisas, enquanto que o método derivado do nosso percurso será uma ajuda a estratégia (a qual compreenderá utilmente, certo, segmentos programados, isto é, ‘metodologias’, mas comportará necessariamente descoberta e inovação). (...) O objetivo do método, aqui, é ajudar a pensar por si mesmo para responder ao desafio da complexidade dos problemas.

No que se refere a uma Pesquisa exploratória, o método aplicado a esta tese está em acordo com a idéia de que uma pesquisa dessa natureza vem a ser um estudo preliminar designado para desenvolver ou refinar hipóteses, ou testar e definir métodos de coleta de dados, envolvendo sempre pesquisa bibliográfica. A presente pesquisa interpela um determinado fenômeno utilizando-se de uma vastidão de referenciais teóricos e experimentais que circundam o tema objetivando buscar mais informações sobre o objeto de estudo.

3.1.1 Aspectos éticos

A Ética é um fator fundamental atribuído a Pesquisas de caráter experimental, principalmente no que tange, envolvimento com a Saúde. No caso em questão, a necessidade de utilização de um espaço hospitalar e de um serviço acoplado a exames clínicos (EEG) faz desse estudo, um estudo, também da área da saúde.

Por se estar trabalhando com um Experimento envolvendo seres humanos para a amostragem, a presente Pesquisa embasou-se nos Aspectos éticos contidos nas Diretrizes éticas internacionais para pesquisas biomédicas envolvendo seres humanos elaborado⁹⁵ pelo Conselho para Organizações Internacionais de Ciências Médicas (CIMOS) em colaboração com a Organização Mundial de Saúde (OMS).

Os Aspectos éticos considerados referiram-se, basicamente à **Beneficência**⁹⁶ e à **Justiça**. A beneficência representa a obrigação ética de maximizar benefícios e minimizar danos ou prejuízos. A Justiça refere-se à obrigação ética de tratar cada pessoa de acordo com o que é moralmente certo e adequado. Na ética da pesquisa que envolve seres humanos, o princípio refere-se principalmente à justiça distributiva que exige a justa distribuição tanto do ônus quanto dos benefícios da participação na pesquisa. Esses aspectos estão contemplados sob forma de documento de Pesquisa nos Apêndices desta Tese.

Os aspectos éticos dessa Tese estão contidos sob forma de documentos⁹⁷ aprovados pela Comissão científica e Comissão de Pesquisa e Ética em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

Em termos práticos, todos os sujeitos participantes do estudo foram avisados das condições e dos objetivos da testagem a que se submeteram e foram convidados a integrarem

⁹⁵ Publicado na Revista BIOÉTICA, v. 3, n. 2, 1995. Brasília, Conselho Federal de Medicina.

⁹⁶ Beneficência: Esse princípio deu origem a normas que exigem que os riscos da pesquisa sejam razoáveis à luz dos benefícios esperados, que o projeto da pesquisa seja consistente e os pesquisadores competentes tanto para a condução de pesquisa quanto para a salvaguarda do bem-estar de seus participantes. Além disto, o princípio da beneficência proíbe infligir danos deliberadamente; às vezes, este aspecto do benefício é expresso como um princípio distinto, **não-maleficência** (não fazer mal). Disponível em: <http://www.mj.gov.br/sedh/ct/corde/dpnh/corde/cor_bioetica.asp> Acesso em: jul. 2005.

⁹⁷ Documentos estão nos Apêndices deste trabalho.

o grupo de pesquisa. Cada indivíduo (sujeito) assinou um termo⁹⁸ de consentimento quanto às condições e uso das testagens.

3.1.2 População e a Amostra

O Estudo e Coleta de dados foram realizados no Hospital de Clínicas de Porto Alegre, no Serviço de Neurologia.

Para composição da amostragem⁹⁹ este estudo considerou uma população¹⁰⁰ acadêmica, saudável neurologicamente, com idades entre 25 e 35 anos, dos sexos masculino e feminino. A amostra reuniu (10) sujeitos pertencentes aos cursos de Medicina (UFRGS e FFFCMPA), atuantes na residência médica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre e alunos dos Cursos de Pedagogia e História da UNISINOS.

As características da amostra acima citadas foram apontadas como relevantes para o desenvolvimento do estudo, devido aos seguintes fatores:

- Sendo o foco da pesquisa, a atividade cognitiva em interação com um ambiente digital, a amostra considerada ideal, seria a de sujeitos pertencentes a um mesmo grupo intelectual, no caso acadêmicos, que não possuíssem demasiado conhecimento na área digital para não haver expectativas ou pré-conhecimentos (declarados) quanto aos efeitos promovidos no ambiente digital, o que fôra verificado no momento da entrevista (contato do convite) e que não tivessem histórico de doenças neurológicas.

- No caso dos alunos do curso de Medicina (Residência médica): Disponibilidade para o processamento das testagens *in loco*, uma vez que a

⁹⁸ TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO: Este termo consta nos Apêndices documentais desta Tese; no Apêndice referente à Pesquisa aprovada e vigente no Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

⁹⁹ Amostra. Subconjunto do universo ou da população, por meio do qual se estabelecem ou se estimam as características desse universo ou população” (GIL, 1999, p. 100).

¹⁰⁰ Segundo Gil (1999) universo ou população é um conjunto definido de elementos que possuem determinadas características.

amostra teria que comparecer à noite, no Hospital, para realizar a coleta de sinais de EEG;

- A amostragem aleatória masculina e feminina tem a ver com o fato do *gênero*, tratar-se neste estudo, de uma variável independente. O único cuidado, quanto à amostra feminina, foi o de coletar-se os dados eletrofisiológicos, quando o sujeito (feminino) não estivesse na fase folicular (menstruação), a fim de não alterar os sinais de frequências conforme Niedermeyer (1999);
- A faixa etária demarcada também refere-se a uma projeção da quantidade máxima de neurônios ativos no ser humano, o que, na literatura neurológica, oscila entre 25 e 35 anos.

3.1.3 Condições necessárias à amostra para o teste¹⁰¹

São necessárias as mesmas condições necessárias para um EEG em vigília, conforme protocolo do Serviço de Neurologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre:

- Trazer o nome de todos os medicamentos em uso.
- Não suspender a medicação anticonvulsivante.
- Alimentação normal (não é necessário jejum).
- Cabelos e couro cabeludo, lavados e secos.
- Não usar gel, óleo ou fixadores.

A outra condição, refere-se ao indivíduo ter disponibilidade para participar da pesquisa nos dias pré-estipulados pelo grupo e pela equipe do Hospital responsável pelo EEG.

¹⁰¹ Nos Apêndices o Termo de Consentimento.

3.2 PARTE EXPERIMENTAL

A validação de uma Modelagem para observação da Cognição humana mediada pelo uso de tecnologias digitais e acompanhada por impressões eletrofisiológicas necessita basicamente, de quatro elementos para ocorrer: **um ambiente digital do tipo jogo – um equipamento de EEG – sincronização da captação dos sinais dos dois sistemas – sujeitos para testagem da modelagem.**

Este sub capítulo descreve, em detalhes, a correlação de todos estes elementos para a construção da presente Modelagem cognitiva.

3.2.1 Construção da interface digital (ambiente jogo) – Fase I

Para essa investigação criou-se um Teste cognitivo, em um ambiente digital chamado Jogo cognitivo para percepção (JCP) para apontar aspectos representativos da percepção humana, em especial a percepção visual, observá-los durante imersão dos sujeitos no ambiente, e captar interferências elétricas cerebrais para assim inferir possibilidades de observação (perceptiva e representativa).

A Modelagem passou por duas fases de criação e execução, intituladas de Fase I (JCP I) e Fase II (JCP II), em virtude das descobertas e necessidades de mudanças nas estratégias executadas, ambas contribuindo para a chegada aos objetivos da Pesquisa. Estas fases estão descritas da seguinte maneira: A Fase I, dentro da perspectiva do Método e a Fase II, como Análise dos Dados já extraídos da Fase I.

Este tópico comporta portanto, registros da Fase I, como os detalhes das alterações de *design* físico, embasadas nas experimentações do Teste piloto. Vamos à primeira Fase!

O Ponto de partida que permeou o modelo experimental desta tese é uma hipótese geral sobre cognição (diante de todas as influências teóricas discutidas) que se construiu ao redor das funções cognitivas de percepção e de representação, considerando-as como processos indissociáveis nos seres humanos, os quais ocorrem, a partir dos esquemas mentais individuais, a partir das memórias, de dados dos sentidos, de informações relativas à mente

(em evolução) dependendo de seus estados emocionais, com interação constante e recursiva com o meio.

A Percepção e a Representação são, portanto, processos não-lineares e complexos (MORIN, 2002) e podem ser concebidas como processos pelo qual uma informação *chega* e passa a ser *significada*; sua expressão pode estar contemplada nos “movimentos cognitivos” (segundo PIAGET, 1993), representados pelas mudanças de decisões dos indivíduos. Observe a figura:

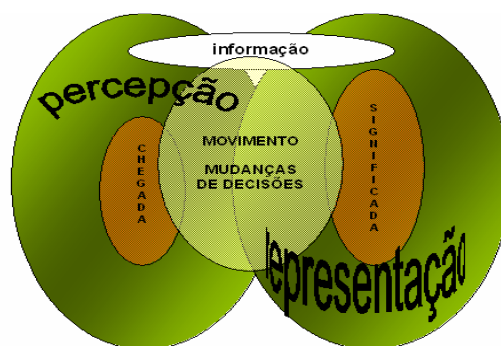


FIGURA 41: Fluxo informação-percepção-representação

O design físico (transformação para o concreto) do ambiente digital criado, o protótipo chamado *Jogo JCP*, considerou os seguintes aspectos para o projeto da interface:

- Construção dentro da Plataforma *Game Maker*¹⁰²
- *Design* físico e cognitivo – transformação para o concreto
- Utilização do teclado ou do *mouse*
- Uso ou não, de menus

¹⁰² *Game Maker*: Plataforma descrita no Referencial Teórico.

3.2.1.1 O design do Jogo (JCP) na Plataforma G Maker

Considerando-se que neste trabalho realizou-se a construção de um Teste cognitivo diferenciado que se apropria de ferramentas da neuropsicologia assim como da informática, a associação com a plataforma *Game Maker* previu uma metodologia específica que respeitou tanto os objetivos cognitivos intentados pelo estudo, quanto às limitações e linguagem da própria ferramenta.

Isto significa dizer que há uma lacuna entre o “ideal” imaginado e o “real” plenamente possível, o que não compromete, de forma alguma, os objetivos em questão.

O sistema englobou um **“jogo” digital** criado na plataforma *free* do *Windows - Game Maker (4.0) e (6.0)*, um **sistema digital para coleta e mensuração dos dados e acoplagem** ao eletroencefalograma (EEG) para detecção dos sinais de frequência cerebral emitidos pelo sujeito durante performance nos eventos.

Os eventos inclusos no “jogo” envolviam o desenho de uma espiral em movimento e a idéia de evento, era a de o sujeito percorrer o caminho da mesma com o *mouse*, do início ao final, com menor quantidade de colisões. Isso consistia em tentativas mentais e motoras de resolução das situações do evento, para verificação de aspectos da percepção e representação através das decisões do sujeito, conforme modificações surgidas no ambiente melhor visualizadas na figura 42.

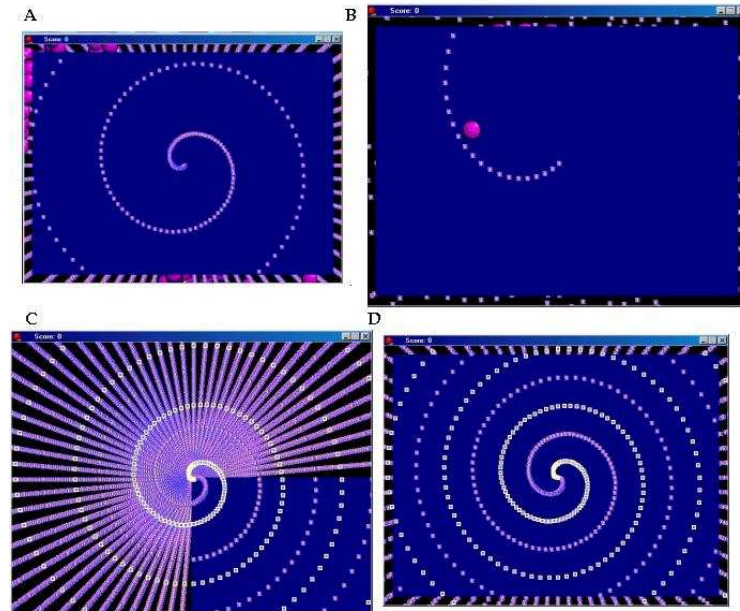


FIGURA 42: Design do JCP 1 com a Espiral

O Jogo/Teste Cognitivo (JCP I) foi constituído dentro de uma idéia de Criação de Protocolos formados por Testes, que por sua vez, são formados por tarefas, ou seja, conforme a figura 43:

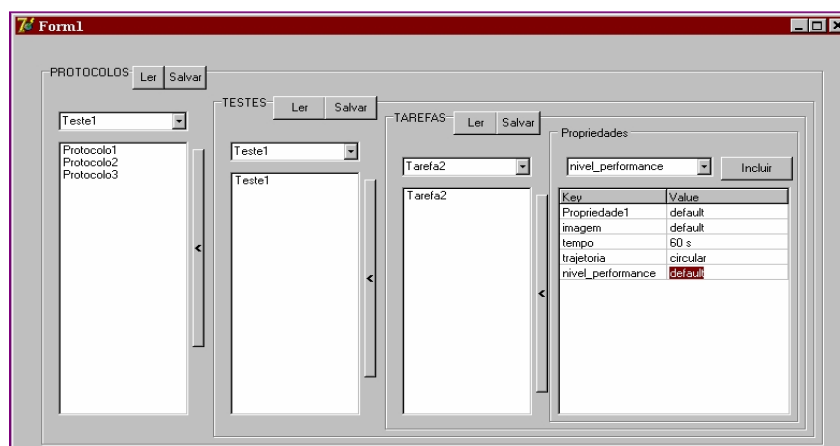


FIGURA 43: Protocolo de tarefas

Devido às potencialidades dos subsídios contidos no *GMaker*, o módulo¹⁰³ de observação participante/intervenção (conforme fluxo a seguir), foi re-desenhado especificamente para este experimento para organizar o seu processamento.

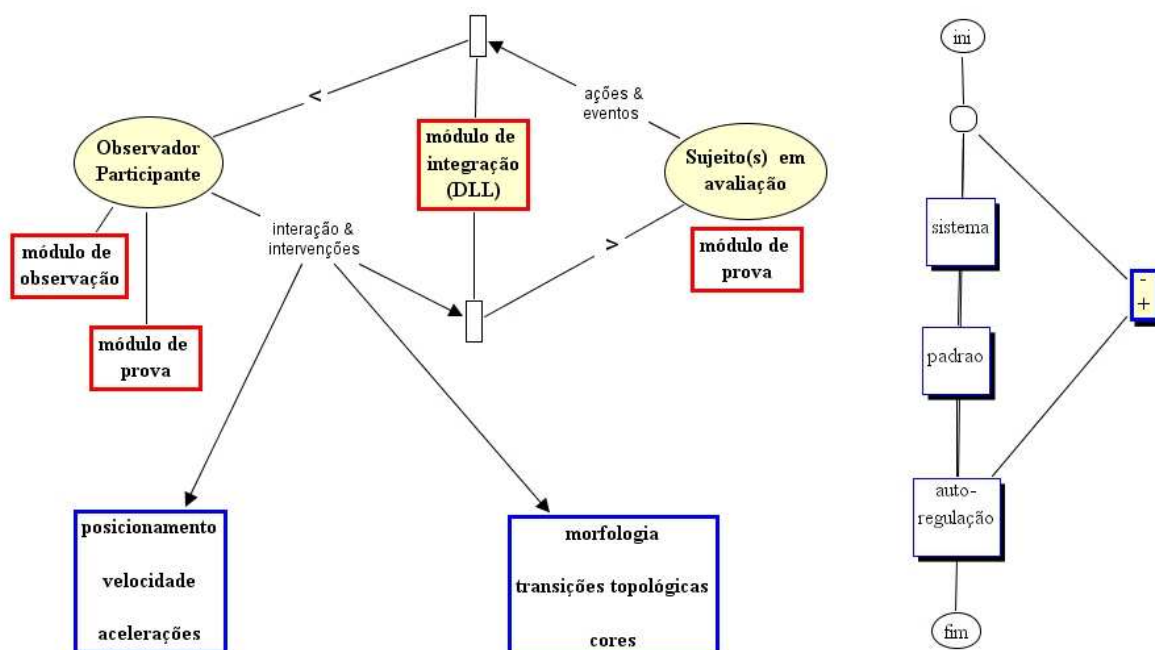


FIGURA 44: Fluxo dos Sistemas

O processamento desse módulo previu um teste sendo executado em duas etapas: na primeira ocorre o registro do desempenho observado, ou seja, da performance (melhor discutida no teste JCP), e na posterior, tenta-se modelar, a partir de curva de relações obtida na fase anterior, um padrão ajustável ao desempenho para cada característica de forma a localizar regiões de equilíbrio de interesse.

¹⁰³Módulo de observação participante/intervenção: Em termos práticos, este módulo foi utilizado somente para as testagens informais que envolveram a modelagem do “jogo”, mas sua execução, em todo o teste cognitivo, (com a amostra e o uso do EEG), não foi possível, devido a uma série de fatores como a não-sincronia com o EEG, os erros na programação do mesmo, dificuldades de pessoal para a programação e dificuldades de testagem junto à amostra, os quais impediram a continuidade da idéia, entretanto, faz-se relevante à descrição anterior mencionada para possível execução futura em outras pesquisas envolvidas com a temática em questão.

Na Figura 45, a seguir, (em “tarefa”) observa-se um teste que consiste de uma seqüência de transformações sobre o grau de dificuldade de uma tarefa determinada, no caso, *da espiral em movimento do JCP 1*, ou seja, representa na prática, a ação do sujeito tentando percorrer o fluxo sem colidir nas paredes. Além disso, devido à expectativa da interferência cultural como “artefato” da performance do sujeito, esse teste, pode adicionar também, o incremento de perturbações *sensoriais ou culturais*, durante o evento. A resposta variável do sujeito em função da variação de dificuldade da prova é observável à esquerda. Ao centro, está representada a relação entre ambos (Resposta/Dificuldade da Tarefa) em cada instante, e a progressão global constituirá a curva final para o teste. Cada característica componente do teste (como entropia, velocidade, rotação, ampliação) tem uma curva individual .

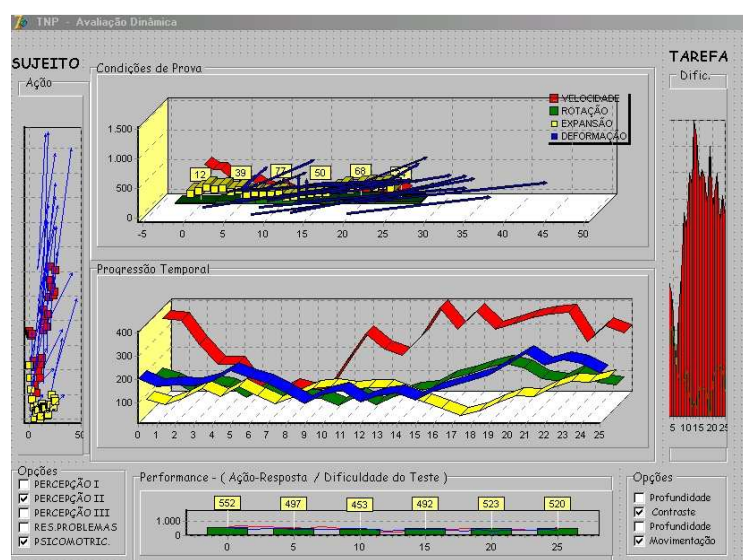


FIGURA 45: Módulo de Observação Participante / Intervenção

3.2.1.2 Design físico e cognitivo: as variáveis

O ambiente digital – Jogo (nas fases I e II) foi criado diante da perspectiva de “campo de provas” de acordo com os experimentos de Julesz e Treisman¹⁰⁴ (apud PINKER, 2000) para sofrer interferências de variáveis físicas¹⁰⁵. As variáveis físicas representam

¹⁰⁴ Julesz e Treisman abordaram a camuflagem como forma de percepção visual em duas dimensões e meia, O tópico foi abordado no Referencial Teórico.

¹⁰⁵ Variáveis físicas: serão melhores descritas logo a seguir no JCP.

variáveis independentes, passíveis de manipulação durante programação no jogo e expressam, em termos cognitivos, aspectos de percepção visual como atenção, interesse, integração e motricidade dentre outros.

A necessidade de construção e re construção do processo, o que se expressou pelas Fases I e II da Modelagem, possui um caráter iminente de complexidade, traduzido pela idéia de recursividade entre ação e conhecimento, o que significa que os produtos ou efeitos são causas e produtores do próprio processo (MORIN, 2005).

Segundo Pinker (2000) muito embora o cérebro processe a percepção de imagens aliada aos mecanismos da memória, o que vem a engendrar a idéia de formação de *imagem mental* (e não de descrição literal do objeto) há também considerações neurais referentes à possibilidade da percepção visual sem a consideração efetiva do reconhecimento prévio.

Treisman e Julesz (apud Pinker: 2000) demonstraram que o cérebro humano (no experimento da camuflagem) faz a distinção dos elementos de “contorno” que formam as imagens dos objetos. Esses elementos de contorno compreendem aspectos como o brilho, a cor e a orientação das linhas. Podem também, segundo Meyer¹⁰⁶ (2002), considerar pontos, linhas, intensidade luminosa e movimentos. Sendo assim, não há o reconhecimento prévio da imagem, mas há a possibilidade de descobri-lo através do detalhamento possível da percepção visual.



FIGURA 46: Imagem Camuflagem

¹⁰⁶ Essa consideração está na página 92 da obra O olho e o cérebro.

Para o *design* do primeiro momento do JCP I, consideraram-se, as seguintes variáveis físicas, como possíveis de interferências cognitivas:

- 1) Variação do número e espessura dos traços de linhas/camadas do ambiente do jogo (espiral): essa variação representa a possibilidade do fator de detalhamento da percepção neural observado nos experimentos de camuflagem.
- 2) Variação do movimento da espiral: o movimento representa sempre um novo ponto de origem e de término do evento gerando no indivíduo (em jogo) a necessidade de concentração e habilidade motora para não sair do traçado.
- 3) Variação de cores (mais de duas) sem ser o padrão preto e branco: representa diretamente a variação de absorção da luz a partir da percepção visual. A idéia do *além preto e branco* provém da possibilidade de geração de contrastes e combinações com outras cores.

Para representação dessas variações, o JCP I comportou um sistema gerenciador de protocolos de tarefas acoplado diretamente ao *Game Maker*, conforme a figura 47 – Variações de tarefas, no qual podia-se programar o evento com um detalhamento para ocorrência de cada variação, assim como, o tempo para cada variação:

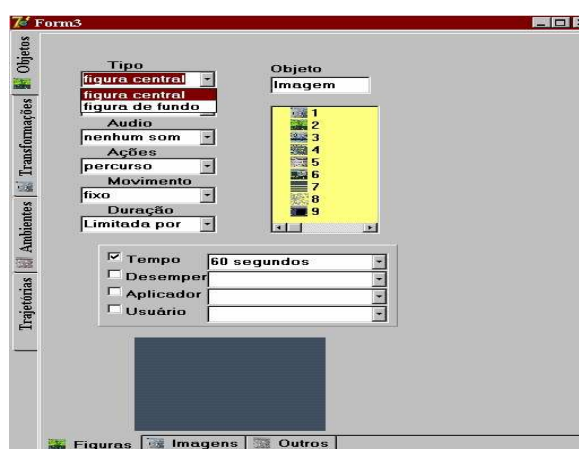


FIGURA 47: Variações de tarefas

Em Pinker (2004), salienta-se a idéia de que o *Homem* não tem uma mente rasa do ponto de vista da passividade receptiva do meio e das culturas, principalmente, por ter a capacidade de escolha e de criação da própria cultura. No entanto, as afirmações¹⁰⁷ do autor consideram essa “interferência passiva” um fato, pois os seres humanos tendem a agir através dos condicionantes de rigidez de impulsos e reflexos impostos pelas próprias culturas a que são oriundos. Suas teses, portanto, procuram enfatizar a capacidade do cérebro, em sendo um computador neural e em constante evolução, em deduzir, resolver e transformar os desafios da vida.

Diante dessas afirmativas, o *JCP I* também pôde incorporar variáveis consideradas, de “*natureza cultural*”, para serem testadas na interferência da percepção e representação. Tais como:

- 4) Aparecimento de um elemento perturbador (cultural) da atenção - figura como: monstro, bruxa...
- 5) Aparecimento de um elemento ativador (cultural) da atenção - figura como: ampulheta, relógio, demonstração de performances anteriores...
- 6) Aparecimento de um elemento recompensador (cultural) da atenção - figura como: vidas¹⁰⁸, pontos, presentes, tempo...

3.2.1.3 *Conversão das variáveis físicas em cognitivas*

Este tópico realiza a conexão entre as variáveis cognitivas “inferidas” para a representação da percepção/representação humana e os aspectos “físicos” possíveis de serem detectados no teste jogo cognitivo para percepção (*JCP*)

Variáveis físicas:

¹⁰⁷ Afirmações também existentes em sua obra intitulada: *Como a mente funciona* (2000).

¹⁰⁸ *Vidas*, aqui com a conotação dos jogos de videogames.

- 1) variação do número e espessura dos traços de linhas/camadas
- 2) variação de cores (mais de duas) sem ser o padrão preto e branco
- 3) aparecimento de um elemento perturbador (cultural) da atenção - figura como: monstro, bruxa...
- 4) aparecimento de um elemento ativador (cultural) da atenção - figura como: ampulheta, relógio, demonstração de performances anteriores...
- 5) aparecimento de um elemento recompensador (cultural) da atenção - figura como: vidas¹⁰⁹, pontos, presentes, tempo...

A conversão das variáveis cognitivas em físicas e/ou físicas em cognitivas, uma vez que o processo é complexo e, portanto as causas são os próprios efeitos assim como os efeitos são as próprias causas, considera os fundamentos discutidos no referencial teórico sobre o processamento da percepção e representação humanas. Aspectos como (em *Piaget*) a condição sensório-motora, definida como a percepção simplesmente, para a idéia de representação intelectual, sugerem interferência na variável cognitiva **motricidade**.

A percepção (em Julesz¹¹⁰) dos elementos distintivos de objetos, associação de aspectos diferenciados que os compõem, como movimento, solidez, forma e cor requer necessidades de **atenção**¹¹¹ e de **integração** (também variáveis cognitivas); e ainda, aspectos interligados à cultura, dentro de uma ótica computacional da mente que a define “[...] como um produto dos desejos humanos, e não uma moldadora desses desejos” (PINKER, 2003, p. 105) os quais podem gerar interferências na variável **interesse** e na variável **perseveração**.

Para consideração do *design* do Jogo – JCP1, considerou-se as seguintes variáveis cognitivas:

¹⁰⁹ *Vidas* aqui com a conotação dos jogos de videogames

¹¹⁰ Julesz: Citado por Pinker (2000) e Kandel (2000).

¹¹¹ atenção: os mecanismos da atenção focalizada ainda são uma incógnita para os estudos da neurobiologia (KANDEL, 2000, p. 323).

Variáveis Cognitivas (Perceptivas):

- 1) motricidade
- 2) perseveração
- 3) interesse
- 4) concentração (como focalização da atenção)
- 5) integração global

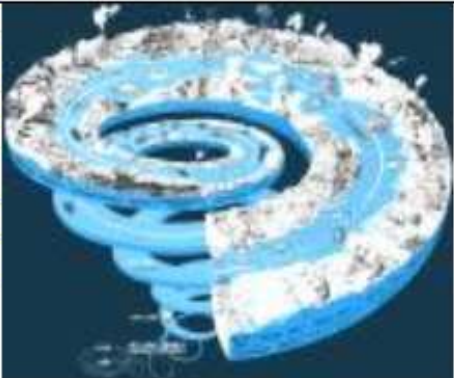
Variáveis físicas		Variáveis perceptivas
1) <u>v</u> (n linhas/camadas)		1) <u>v</u> motricidade
2) <u>v</u> (espessura)		2) <u>v</u> perseveração
3) <u>elto</u> perturbador		3) <u>v</u> interesse
4) <u>elto</u> perturbador		4) <u>v</u> concentração
5) <u>elto</u> perturbador		5) <u>v</u> integração global
6) <u>v</u> cores		

FIGURA 48: (JCP) - Esquema de Conversão

A conversão das variáveis obedeceu a uma idéia de espiral, devido à complexidade com que os fenômenos cognitivos acontecem.

3.2.1.4 O Design do JCP I acoplado ao EEG

O presente estudo utilizou-se de um Eletroencefalograma digital ao invés de um analógico, por ser mais preciso e exato quanto aos resultados emitidos.

Para um estudo desta natureza, cognitiva, a plotagem de eletrodos (do EEG) deve compreender áreas do córtex cognitivo cerebral, mais precisamente, lobo frontal, lobo

occipital, lobos temporais e lobos parietais, utilizando-se o sistema 10-20 (conforme mencionado no capítulo sobre EEG) e uma montagem do tipo “*average*” ou “geodésica”.

Nesta primeira versão (JCP I), a opção para os movimentos de resposta, de deslocamentos (ação físico/mental¹¹²) dos sujeitos da amostra, dentro do jogo, foi desenhada para uso do *mouse*. Desta forma o manuseio do *mouse* para direcionar ao percurso (da espiral) escolhido, acionaria a área motora do indivíduo. A outra opção poderia ser uma ação puramente mental¹¹³, gerada com o auxílio de realidade virtual¹¹⁴, mas que devido à falta de equipamentos de VRML¹¹⁵ adequados, como óculos virtual e/ou luva sensível, não foi produzida.

Antes de uma imersão na prática para a testagem junto ao EEG, a inferência de que haveria interferência no sinal captado pelo EEG pois os sinais motores gerarão respostas a serem lidas, precisaria ser resolvido. Este “problema foi resolvido, primeiramente, teoricamente. A área motora do cérebro é um conjunto que possui regiões diferentes mas que executam funções que se complementam. A subdivisão dessa constitui-se de: “ao lado da área motora primária, responsável pelo elemento motor propriamente dito do gesto, participam na organização da motricidade o córtex pré-motor, a área motriz suplementar e o córtex parietal posterior” (MEYER, 2002, p. 26). O córtex pré-motor e a área motriz suplementar executam as funções de programação e coordenação dos gestos; já o córtex parietal posterior é responsável pela informação visual que permite a precisão e destreza. Essas áreas estão envolvidas na realização dos movimentos.

Uma possibilidade para “anular” o suposto sinal emitido pelo movimento motor, o qual poderia interferir na leitura do que realmente poderia vir a ser os “sinais perceptivos” a serem perseguidos no momento, pode ser a tabulação/leitura (anterior) apenas dos sinais

¹¹² Ação físico/mental: quando houver manuseio do mouse além do movimento dos olhos.

¹¹³ Ação mental: quando não houver manuseio do mouse para o teste, somente o movimento dos olhos.

¹¹⁴ Realidade virtual: pode-se dizer que realidade virtual é uma técnica avançada de interface, onde o usuário pode realizar imersão, navegação e interação em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, utilizando canais multi-sensoriais”. (Artigo: Sistemas de Realidade virtual de Cláudio Kirner: UFSCar: disponível em: <<http://www.dc.ufscar.br/~grv/tutrv/tutrv.htm>> Acesso em: 08 nov. 2005.

¹¹⁵ Equipamentos VRML: Disponível em: <<http://www.pgie.ufrgs.br/siterv/equipamentos.htm>> Exemplos acessados em: 08 nov. 2005.

motores correntes de cada indivíduo em teste, caracterizando-os assim. Depois, durante a testagem, elimina-se esses sinais através do reconhecimento da tabulação anterior.

Vários resultados reforçam a idéia de que a atividade cerebral é sensível a uma representação mental. Registros elétricos do córtex mostraram a presença, no macaco, de uma pequena zona do córtex pré-motor inferior (chamado v5) sensível aos movimentos intencionais da mão. Os neurônios dessa área são excitados da mesma maneira quando o macaco é levado a olhar um pesquisador que executa o mesmo movimento da mão: embora imóvel, o animal lembra-s do movimento que lhe foi ensinado durante a aprendizagem. E, para voltarmos ao homem, a multiplicação das medições do fluxo sanguíneo cerebral para mapeamento das áreas ativas indica, sem nenhuma ambigüidade, um aumento do metabolismo cerebral em várias áreas cerebrais durante conversações interiores (MEYER, 2002, p. 27).

Desta forma o cérebro, antes de qualquer ação e devido a ela representa-a mentalmente ativando materialmente, as mesmas zonas, as quais, durante o estímulo na prática, seriam ativadas.

A *Science* (1993) publicou um artigo intitulado “*Seeing the mind*”¹¹⁶ o qual comprovava que quando alguém se familiariza com uma lista de nomes que se leu várias vezes, a atividade cerebral vai se extinguindo. Mas quando uma nova lista lhe é apresentada, o córtex¹¹⁷ frontal (cognitivo) e a área de *Wernicke* (linguagem) se ativam na face lateral, bem como o córtex angular (límbico) na face mediana. (MEYER, 2002).

O esquema a seguir, ilustra o design da idéia JCP I / EEG:

¹¹⁶ Disponível em: <www.sciencemag.org> Acesso em: abr. 2004.

¹¹⁷ Córtex: Qualquer coleção de neurônios que forma uma fina “placa” normalmente na superfície do cérebro. Córtex é uma “casca” (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2001, NEUROSCIENCE).

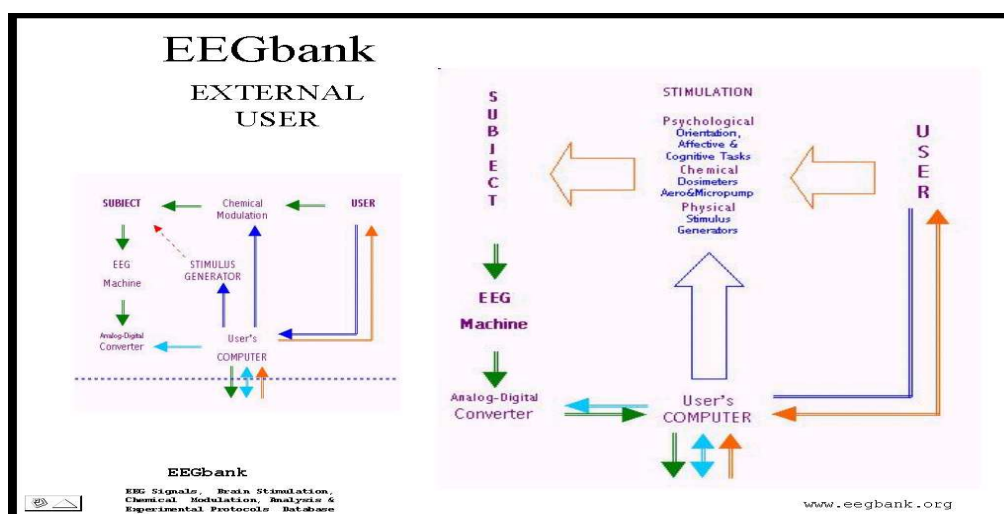


FIGURA 49: JCP I / EEG

Durante o JCP I, construiu-se a estrutura da Modelagem em si, a qual consiste em proporcionar atividade cerebral, a partir da imersão humana em uma interface do tipo jogo e simultaneamente a essa ação, captar sinais biofisiológicos emitidos pelo cérebro, através do eletroencefalograma.

De acordo com Neidermeyer (1999) é fundamental, no entanto, conhecer as condições de aquisição do sinal de interesse, as características básicas desse sinal e qual o objetivo final do processamento, ou seja, qual a informação desejada. Nesse caso, descobriu-se que o interesse está na captação de sinais bioelétricos gerados em nível do córtex, ou seja, dos potenciais da membrana celular.

Sendo assim, o primeiro ensaio do JCP I junto ao EEG apenas procurou estruturar a coleta, via EEG, de sinais bioelétricos, em uma montagem do tipo *average*.

3.2.1.5 A testagem Piloto

Durante os meses de agosto e setembro de 2004 procurou-se espaço e equipe de trabalho para a realização da parte experimental (execução junto ao EEG) desta tese.

O Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) foi o espaço escolhido, como viável, para esta atividade uma vez que continha o equipamento de eletroencefalografia, uma sala adequada para os testes, médicos neurologistas e equipe técnica adequados.

Entretanto, para a realização, de fato, de experimentos dentro do Hospital de Clínicas, fez-se necessário o cumprimento de dois aspectos: um aspecto “informal” referente a viabilidade de construção e execução do experimento junto a(s) equipe(s) envolvidas do Hospital, e outro aspecto “formal” (após a viabilidade) que se refere a necessidade de “aprovação das Pesquisas” através da análise da Comissão Científica e da Comissão de Pesquisa e Ética em Saúde, reconhecidas pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) MS como Comitê de Ética em Saúde em Pesquisa do HCPA e pelo *Office For Human Research Protections (OHRP) USDHHS*, como *Institucional Review Board (IRB0000921)*.

Dos contatos estabelecidos com este espaço do Hospital (HCPA) formou-se uma equipe prévia de testagem, então constituída por uma médica neurologista, um médico psiquiatra, técnicos em eletroencefalografia¹¹⁸ e a presente autora da tese, em questão.

Na primeira etapa deste trabalho, ocorreram alguns encontros para discussão das idéias inclusas na tese com as idéias sugeridas pela equipe que se formara. Após essas discussões, a equipe partiu diretamente para a organização da testagem prática do experimento. É importante salientar que por estar-se trabalhando com um Hospital Público, esta prática só pôde ser executada em um horário onde não ocorresse atendimento de pacientes, sendo assim, os testes (em 2004) só podiam ser realizados aos sábados¹¹⁹

Para o Teste piloto propriamente, a primeira atividade consistiu em organizar fisicamente a sala de EEG para sua realização. O material necessário utilizado, em um primeiro momento, foi:

¹¹⁸ Técnicos em EEG participantes.

¹¹⁹ Sábados: No dia 09 de outubro de 2004, a equipe prévia de pesquisa executou a I testagem com o JCP – Fase I, no Setor de Neurologia do HCPA – Eletroencefalografia.

- 01 *notebook* com o JCP I (jogo em espiral) instalado
- 01 aparelho de EEG com eletrodos em montagem geodésica
- 01 mesa
- 01 cadeira
- 01 sujeito para amostra: neste pré-piloto, o sujeito foi um membro da equipe de Pesquisa.

Após a organização da sala, construiu-se um protocolo de informações a serem passadas aos sujeitos da amostra para entendimento do processo a que estava sendo submetido.

As explicações passadas ao sujeito do teste, restringiram-se às frases:

- você deve jogar em um jogo digital, tipo espiral, utilizando o mouse digital, procurando encontrar a saída.

- serão colocados eletrodos em você para detecção de sua atividade cerebral enquanto executa o jogo.

- você deve jogar em silêncio, ou seja, sem questionar ou fazer qualquer comentário.

- você deve jogar sentado sem movimentar-se para qualquer outra posição.

Após as explicações, a médica neurologista e o técnico de apoio plotaram os eletrodos do EEG no sujeito, em uma montagem geodésica¹²⁰, e o mesmo foi posicionado sentado à frente do computador com o jogo (*notebook*).

Para o início propriamente dito do processamento, houve a necessidade de criar-se uma “sincronia” entre os cronômetros do computador utilizado para o jogo e o computador do EEG. A idéia inicial, em se tratando de uma fase piloto, foi a de marcar-se um tempo “zero” para a execução do “jogo” pelo sujeito e um tempo “zero” para a captação dos sinais elétricos cerebrais pelo EEG, uma vez que não se dispunha de outra possibilidade mais eficiente.

¹²⁰ Montagem geodésica: montagem generalizada de eletrodos no cérebro, toda a circunferência do cérebro.

4 ANÁLISE DOS DADOS

O presente capítulo mostra as etapas da Aplicação das Testagens (Jogo e EEG), suas análises e discussão dos dados. Descreve, também, todo o processo de Imersão dos sujeitos no ambiente digital e a Captação dos sinais eletrofisiológicos (via EEG). Apresenta, em detalhes, duas (das 10) aquisições, para demonstração do processamento de uma análise cognitiva possível advinda da Modelagem construída e a visualização gráfica (matemática) da possibilidade de cruzamento dos dados (JCP e EEG) através da Transformada de *Fourier*.

O capítulo pode ser entendido pelo seguinte Mapa conceitual:

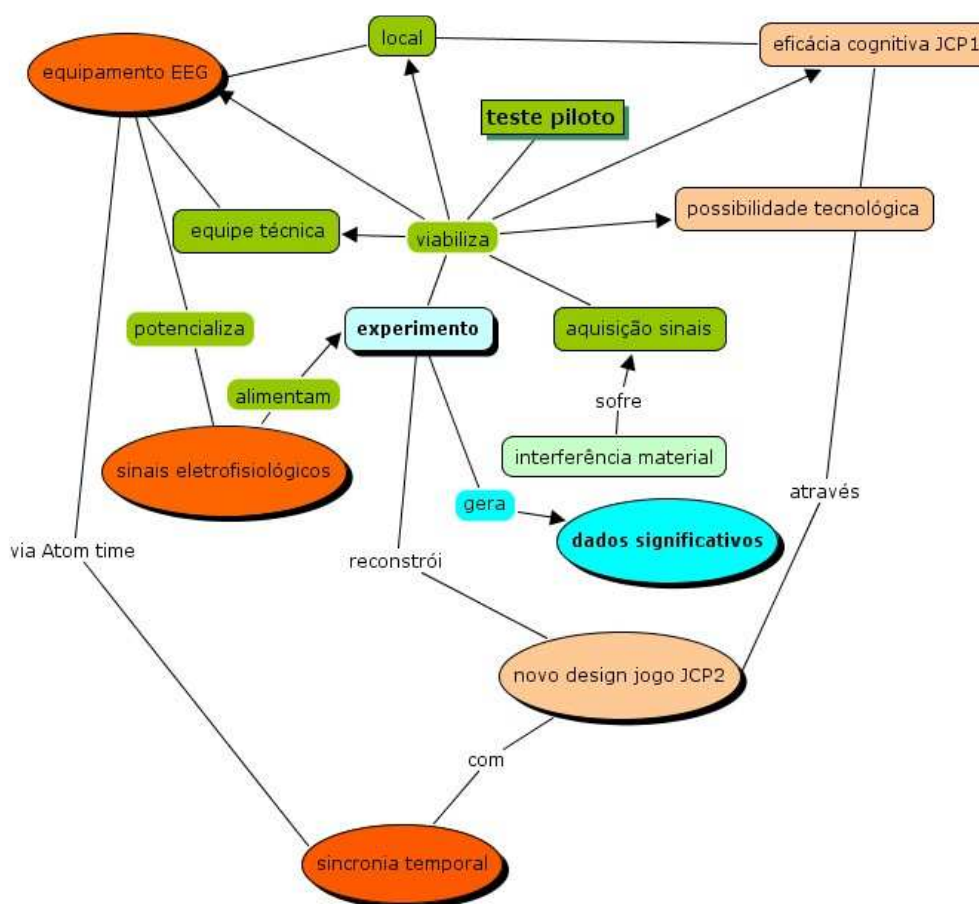


FIGURA 50: Mapa conceitual: Análise dos dados

4.1 VIABILIDADE DO EXPERIMENTO: ANÁLISE DO TESTE PILOTO

No momento da realização do Teste Piloto, com o JCP I, alguns aspectos foram observados e analisados para execução da Modelagem. Estes são discutidos ao longo desse sub capítulo.

Durante a realização deste teste em 09 de outubro de 2004, no momento da plotagem dos eletrodos e do toque do sujeito ao computador iniciou uma interferência nos sinais do EEG denominada “ruído”, o qual não possibilitava a leitura adequada dos sinais elétricos cerebrais do sujeito durante o jogo.

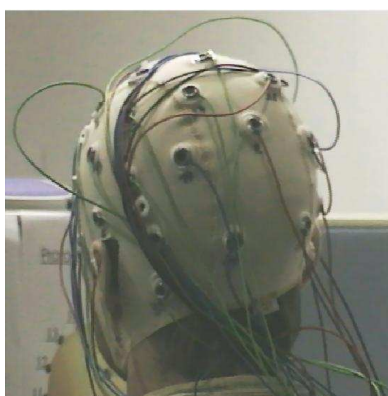


FIGURA ¹²¹ 51: Plotagem eletrodos

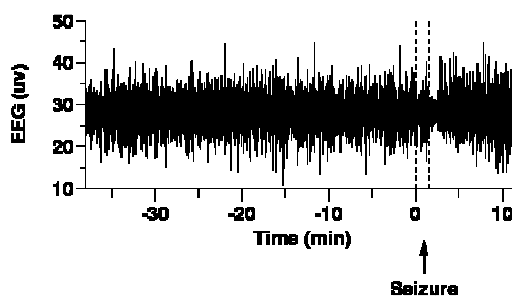


FIGURA 52: Ruído em EEG¹²²

¹²¹ Foto disponível em: <<http://www-li5.ti.uni-mannheim.de/virim/3Drec/applications.shtml>> Acesso em: 08 nov. 2005.

É importante mencionar que a realização usual de testes envolvendo EEG está normalmente ligada à saúde, ou seja, à realização de exames em pacientes e sempre ocorre com o paciente na posição “horizontal” (deitado) e sem fazer qualquer movimento para não interferir na leitura dos sinais elétricos.

No que tange ao experimento realizado (o piloto) para esta tese, o sujeito não é um paciente, e está sentado e movimentando-se, portanto interferindo de antemão na leitura usual dos sinais elétricos captados pelo EEG, o que não reflete uma impossibilidade de execução do teste devido à interferência ou uma leitura errônea, mas remete à urgência de uma nova concepção para interpretação das novas respostas advindas.

A primeira hipótese levantada pela equipe para o entendimento da persistência do ruído, enquanto o sujeito jogava, foi o fato de que o computador estando ligado na mesma tomada elétrica dos eletrodos do EEG, poderia gerar interferência. Portanto foi feita uma mudança no experimento, transferindo a ligação do computador para outra tomada independente; entretanto, a cada re início do processo, o “ruído” voltava e não permitia a leitura dos sinais elétricos cerebrais; tal problema perdurou por cerca de 2 horas.

A segunda hipótese levantada foi, então, o fato de ambos os equipamentos estarem ligados em tomadas elétricas, ou seja, ambos passando corrente, o que poderia interferir no EEG. Como nova tentativa de solução, houve a retirada da energia elétrica do computador (*notebook*), deixando-o ligado diretamente na bateria enquanto o EEG permanecia em tomada elétrica; no entanto, o ruído ainda prevalecia não permitindo a uma leitura adequada.

O momento foi crucial para tomar-se uma decisão rumo à continuidade do experimento, uma vez que se acreditava (e pela própria pesquisa teórica que validava a idéia) que a criação de uma ferramenta que pudesse potencializar um melhor entendimento da percepção humana estava em grande parte desta pesquisa que estava sendo posta em prática; e que, sabia-se da natureza complexa dos conhecimentos que estavam envolvidos e das dificuldades implicadas para tal.

¹²² Foto disponível em: <<http://reylab.bidmc.harvard.edu/DynaDx/case-study/seizure/seizure-egg.gif>> Acesso em 08 nov. 2005.

Se a noção de conhecimento diversifica-se e multiplica-se quando a consideramos, podemos legitimamente supor que comporta diversidade e multiplicidade. Desde então, o conhecimento não seria mais possível de redução a uma única noção, como informação, ou percepção, ou descrição, ou idéia, ou teoria; deve-se antes concebê-lo com vários modos ou níveis, aos quais corresponde cada um desses termos (MORIN, 2005, p. 18).

Sendo, portanto, uma equipe interdisciplinar de trabalho, a possibilidade do “desconhecido” fazer parte do processo foi o que realmente promoveu sua continuidade, diante dos entraves já estabelecidos. Sendo assim, reiniciou-se o processo de levantamento de hipóteses junto ao problema do “ruído” (ainda) instaurado.

O fato de se estar investigando aspectos referentes à cognição humana fez emergir o conhecimento de sua natureza complexa. Sob essa perspectiva, a equipe passou a investigar o sujeito como um todo, a considerar os movimentos de seu corpo, o movimento dos olhos¹²³, os posicionamentos corretos dos eletrodos, a situação do couro cabeludo¹²⁴ e então, inferiu-se que a interferência poderia ser oriunda de outro fator que não necessariamente, a ligação elétrica, e que poderia estar ocorrendo uma condução elétrica de ordem metálica, ou seja, do metal ferro¹²⁵ contido na cadeira a qual o sujeito, em teste, estava sentado; o que de fato caracterizou-se como verdadeiro.

Como próxima etapa do processo, a cadeira de ferro foi substituída por uma cadeira de madeira e para evitar uma nova possibilidade de interferência, manteve-se as ligações elétricas do computador e do EEG em separado, e ainda colocou-se o EEG em uma sala, e o sujeito em teste, em outra.

Esse processo de averiguação (análise) do fenômeno científico possui caráter eminentemente complexo, de natureza qualitativa e não quantitativa, que confronta o uno e o múltiplo, que interdepende, apesar de autônomo, do meio e do sujeito que o cerca; e de certa forma, a necessidade de modificar os nossos instrumentos conceituais e renunciar a um princípio unificador mestre e supremo (MORIN, 2000).

¹²³ Movimento dos olhos: O EEG se pauta em situações de vigília, indivíduo com olhos abertos, e em situações de sono, indivíduo com olhos fechados; por isso o interesse em uma observação de olhos.

¹²⁴ Couro cabeludo: Para a execução de um exame de EEG faz-se necessário que o couro cabeludo esteja limpo e sem cremes para que não haja interferência nos eletrodos.

¹²⁵ Ferro: os metais são ótimos condutores de corrente elétrica, e no caso do experimento, esse fator era negativo.

Na fase do teste *piloto* é imprescindível mencionar que o objetivo em questão foi o de validação das condições mínimas de testagem que seriam necessárias para real execução do experimento, *à posteriore*.

Portanto, alguns aspectos, como o *tempo de jogo* a ser testado, dependeram, exclusivamente, da qualidade da aquisição dos sinais elétricos cerebrais pelo EEG, uma vez que este tipo¹²⁶ de testagem nunca havia sido executada (ao menos publicada) nestas condições. Dessa forma, o objetivo relativo ao sujeito em jogo não levaria em consideração, (neste primeiro momento), a performance no jogo, ou seja, a chegada à saída da “espiral” do JCP, mas sim, a possibilidade de leitura dos sinais.

Nesse teste foi utilizado um tempo de cerca de 20 minutos para balizamento de todas as condições, determinados pela boa qualidade de sinais elétricos cerebrais do sujeito em jogo, adquiridos pelo EEG. Esse procedimento de 20 minutos foi repetido três vezes.

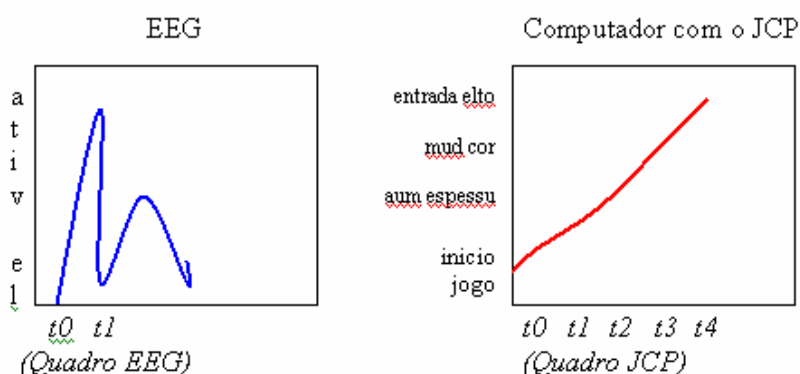
Para correlação entre os sinais de atividade cerebral, captados do sujeito, em jogo e a atividade contida no jogo, o trajeto da espiral com o mouse digital, utilizou-se a sobreposição dos tempos.

4.2 OS ENTRAVES

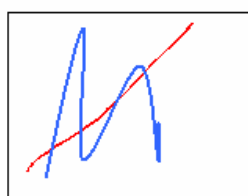
O fator “tempo” de execução do jogo realizado pelo sujeito fôra medido por dois cronômetros, uma vez que não se possuía uma ligação direta entre o *notebook* contendo o jogo e o equipamento de EEG: utilizou-se, portanto, o cronômetro do *notebook* e o cronômetro do equipamento de EEG.

¹²⁶ Tipo de testagem: Aqui se refere a proposta do JCP a qual não possui registro anterior na literatura consultada. Entretanto, no estado da arte tem-se outros experimentos com EEG.

Exemplo:



A idéia a seguir, foi cruzar os dados advindos do EEG e do Computador para posterior análise perceptiva, mas esse cruzamento gerava um “erro” absurdo, do ponto de vista da medição em milissegundos, o que não gerava credibilidade na contagem.



(Quadro Cruzamento EEGXJCP)

4.3 CONDIÇÕES DO JCP I E OS ARQUIVOS EEG

Os arquivos de EEG examinados estavam em quatro formatos: EEG, LOG, TXT, STA e os que continham o período inicial de controle não foram gravados por não se ter controle de sincronia temporal adequado, no momento em questão.

A primeira etapa desta análise incluía extrair os dados gravados do EEG; é importante mencionar que neste sistema os dados obedecem a um padrão binário que sai das voltagens dos eletrodos; para este sistema também há um equivalente em TXT em formato de texto normal (listados ordenados pelo número de amostra e pelo eletrodo) – este último

permite boa referência para sincronização e localização de pontos de interesse no exame, mas até então ainda não foram identificadas as marcas do tempo nos eventos externos, ou seja, os do JCP no computador.

O formato *.log* indica condições de aquisição, configuração de autointerpretação, instantes e períodos de aquisição e de interrupção. O formato *.sta* apresenta um cabeçalho inicial com dados de EEG, da montagem e da gravação, e depois lista eventos sinalizados.

Mesmo sem os instantes precisos dos eventos do exame, ainda foi possível correlação temporal entre dois eletrodos 2 a 2, e também autoregressão para cada eletrodo individual, mas sem fazer a associação com o evento, que era o foco de interesse.

Como análise do teste piloto, o arquivo de EEG permite boas condições de análise do sinal, mas não dos eventos externos, então se não for possível captar o formato dos eventos externos (os que ocorrem no JCP - computador), a opção imediata será a de fazer registros de eventos independentes, ou seja, pelo *Gmaker* e sincronia por tempo.

Do ponto de vista, da criação do “jogo”, nas condições em que se apresentou o JCP I, alguns aspectos estiveram aquém dos objetivos desta pesquisa:

- a) O *design* da espiral em movimento proposta para o JCP I:
 - A espiral em movimento desenhada no jogo, dificultava em demasia, o traçado do processo de início e de fim de percurso, o que gerava uma des sincronia muito grande entre a marcação do início do jogo pelo sujeito e a marcação do início da captação do EEG, pelo técnico, bem como, ambas finalizações.

- b) O teste basal com o cenário preto e branco:
 - Considerou-se um teste basal com maior eficácia, o primeiro teste “completo” a que o sujeito se submetesse, ao invés de uma imersão desprovida de variações, uma vez em que não se teriam comparativos anteriores, entre as demais cores com relação aos sinais elétricos emitidos pelo cérebro.

- c) O acompanhamento sincrônico de **todas** as variáveis físicas produzidas para o jogo, como - número de linhas/camadas do ambiente do jogo - espessura dos traços das linhas e camadas - cores (mais de duas) - contraste de cores (a partir de duas) - elemento perturbador (cultural) da atenção - elemento ativador (cultural) da atenção - elemento recompensador (cultural) da atenção:
- Os sinais elétricos advindos do cérebro, são captados pelo EEG, na ordem de *milissegundo*, ou seja, em um intervalo de tempo muitíssimo curto. Uma diversidade muito grande em termos de variáveis, como as produzidas para o JCP I, torna, quase que impraticável, um acompanhamento e análise das mesmas em detrimento do intervalo de tempo captado pelo EEG.
- d) O uso do *mouse* para movimentos no traçado do jogo:
- O uso do *mouse* transformou-se diretamente em dois problemas: a produção de ruídos, artefatos, que embora, passíveis de serem filtrados, interferiam fortemente na aquisição de sinais, ocasionando um trabalho grande e desnecessário, se possível de ser modificado; o outro problema, era a impossibilidade de um registro de rastreamento dos movimentos do *mouse*, o que não permitia um acompanhamento mais preciso, das posições dos sujeitos no jogo.

4.4 (DES)(RE)CONSTRUÇÃO DA MODELAGEM: A GERAÇÃO RECURSIVA DO JCP II - FASE II

O processo de construção e *(des) (re)* construção da Modelagem é caracterizado por estes prefixos, por ter tido as Fases I e II, (ambas construídas na Plataforma *Game Maker*) etapas de complementações e modificações da mesma. Esta construção ocorreu de forma processual, representada por movimentos em *espiral* e não lineares; ou seja, na nunca se retornando ao ponto de origem novamente, mas a uma nova origem.

A Fase II (JCP II) foi traçada diante de um princípio recursivo¹²⁷, o qual, prevê, para análises de atividades cerebrais, retroação (além de interação) (...) “de processos em circuito, em que os ‘efeitos’ retroagem sobre as suas ‘causas’.(...) Assim, o processo retroativo se produz/reproduz, sob a condição, claro, de ser alimentados por uma fonte, uma reserva ou um fluxo exterior.” (Morin: 2005; p. 112-113).

Considerando-se, portanto, os indícios da testagem do piloto, algumas modificações foram criadas a fim de se potencializar a criação e execução da modelagem para cognição humana, aqui proposta.

4.4.1 Novo design do jogo

A Fase II do JCP foi realizada na Plataforma *Game Maker*, versão 6.0. O primeiro aspecto a ser mudado fôra o *design* do jogo, substituindo o modelo “espiral em movimento”, para o modelo de um “labirinto” simples e constante.

Do ponto de vista de execução, o objetivo do novo *design* é levar a seta (esfera com uma seta desenhada no interior) do início do labirinto até o outro lado, com a utilização do teclado.

Quanto aos movimentos do trajeto, realizados pelos sujeitos, ao invés do uso do *mouse*, utilizou-se o uso das setas do teclado do computador, sugerindo assim, a possibilidade de 3 movimentos¹²⁸ apenas, para cima, para a esquerda e para a direita. Essa mudança diminui o risco de confundir-se sinais de motricidade fina (gerado pelos movimentos dos dedos) com os sinais de atenção.

A operação do traçado ocorre da seguinte forma, ao apertar a tecla para a direção correta, a seta começa a se mover até encontrar uma parede e colidir. Quando esta colide, ela

¹²⁷ Recursivo: Movimento no qual, o efeito é a causa do próprio fenômeno e vice-versa, pois as construções e as re-construções dos fatos carregam sempre aspectos da origem, segundo Morin (2005).

¹²⁸ Movimentos do labirinto: não há a opção para baixo porque a tendência do labirinto é a de subida e não a de descida do traçado.

começa a girar, indicando que houve uma pausa. O operador pode movimentar a seta até o final sem passar por nenhum momento de parada. Esse seria o maior grau possível de atenção.

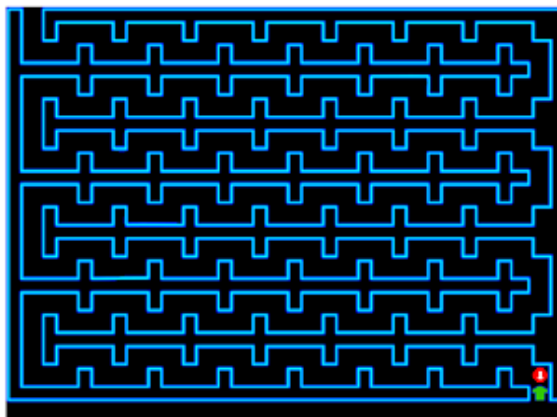


FIGURA 53: Modelo do Labirinto

O segundo aspecto a ser modificado, foi o da redução da quantidade de variáveis a serem acompanhadas junto ao EEG. Optou-se por trabalhar com a variação de cores, uma vez que, de acordo com aspectos da Percepção visual, a percepção das cores é um dos maiores atributos do contingente perceptivo humano, ou seja, isso significa que através do processo de refração e reflexão da luz, aliado à construção das imagens mentais (através das memórias), é possível obter-se dados referentes à cognição humana.

Para testar as influências das mudanças das cores, ao invés de modificar-se a cor da bola, conforme o modelo do JCP I, modificou-se a mudança da cor de fundo do labirinto, a fim de se caracterizar melhor, a percepção da alteração. Esta mudança ocorre, de forma programada pelo sistema, a cada período de tempo, ao longo do teste.

Para programação das cores, foram realizadas combinações do padrão RGB (*Red, Green, Blue*). Cada letra equivale a um *Byte*, ou seja, um valor em hexadecimal que varia de 0 a 255, ou em hexadecimal de 00 a FF. Como o padrão de cor é o de emissão de luz (as cores são a combinação de luzes), ao contrário do padrão de reflexão de luz (onde as cores se formam pela luz que é refletida em uma superfície) que é o CMYK, a cor preta é a ausência de luz, ou seja, os valores de RGB são zeros, $R = 00$, $G = 00$, $B = 00$, representado por

000000. O branco é a combinação de todas as cores, portanto, R = 255 = FF, G = 255 = FF, B = 255 = FF, representado por FFFFFFFF. O azul é 00 00 FF (só o B = 255 = FF). O vermelho é FF 00 00 (só o R = 255 = FF). O verde é 00 FF 00 (só o G = 255 = FF). Todas as outras cores são combinações em diferentes graus desses três componentes. Sempre que os valores de R, G e B forem iguais, variando entre 0 e 255, as cores serão tons de cinza, que vão do branco, 00, ao preto, FF.

Esse novo *design* também gerou uma simplificação do modelo de acompanhamento do processo, criou uma tabela com os dados, no programa *Excel*, cuja estrutura do arquivo possui:

- Hora do início e fim do jogo
- Intervalo de início e fim, medido em milissegundos
- Listagem de eventos ocorridos durante a operação do programa com a seguinte sub estrutura:
 - a) **intervalo** de tempo medido em milissegundos, começando do zero
 - b) **cor de fundo** naquele instante , escrita no formato RGB em hexadecimal :
RRGGBB
 - c) **tecla pressionada:**
 - D – Down – seta para baixo
 - U – Up - seta para cima
 - R – Right - seta para direita
 - L- Left - seta para esquerda
 - d) **colisão:** indica se a seta colidiu com o muro quando o usuário tentou movimenta-la, ou seja, se ele não foi para a direção correta: S – Sim, colidiu / N – Não / P – indica que o usuário permitiu a colisão e parou, o que pode indicar perda de atenção.

A seguir apresenta-se o quadro, Tabela do *Excel*, com os dados, gerados a cada execução de jogo:

	Hora	Intervalo (ms)		
Início	10:36:45	1128853		
Fim	10:40:16	1339766		
Tempo	Cor	Tecla		Colisão
0	#000000 (preto)			
3455	#FF00FF			
6449	#FF00FF	U		S
8782	#FF00FF (vermelho)	L		N
9313	#FF00FF			P
9654	#FF00FF	U		N
9984	#FF00FF	U		N
10184	#FF00FF			P
10445	#FF00FF	L		N
11516	#FF00FF			P
11576	#FF00FF	D		N
12127	#FF00FF	L		N
13199	#FF00FF			P
13529	#FFFFFF (branco)			
17255	#FFFFFF	U		N
17795	#FFFFFF			P
17986	#FFFFFF	L		N
19057	#FFFFFF			P

FIGURA 54: Logs coletados de um Teste no dia 11/08/2005

Durante a execução do jogo, o usuário pode apertar a tecla **F1** para solicitar ajuda. Para parar o jogo, basta apertar a tecla **ESC**. O sistema pode ser executado em um computador com tela 1024x768.

4.4.2 Sincronia temporal

Um problema iminente para a credibilidade na coleta dos dados emitidos pelos dois sistemas esteve alocado na dificuldade de captação (igual) dos tempos medidos, por ambos.

Houve a necessidade de criar-se uma “sincronia” entre os cronômetros do computador utilizado para o jogo e o computador do EEG. A idéia inicial, foi a de marcar-se um tempo “zero” para a execução do “jogo” pelo sujeito e um tempo “zero” para a captação dos sinais elétricos cerebrais pelo EEG, uma vez que não se dispunha, ainda de outra possibilidade mais eficiente.

No entanto, através do sistema de conversão de relógios da internet *ATOM TIME*¹²⁹, torna-se possível a calibração dos dois relógios, do computador do EEG e do *notebook*, antes do início da testagem. Dessa forma, obtém-se um tempo único, para ambos os sistemas.

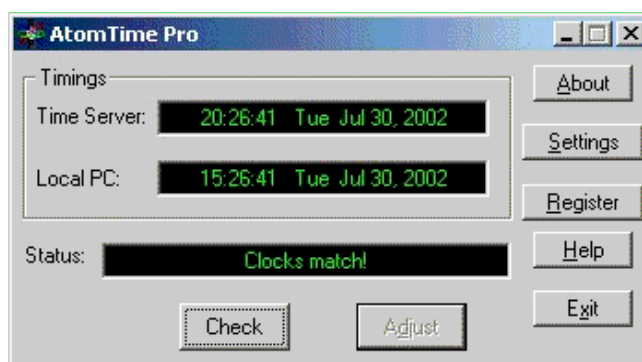


FIGURA 55: do Sistema *ATOM TIME*

4.4.3 A aquisição dos Sinais

O JCP II representou a possibilidade real de uma aquisição junto ao EEG mais correta devido às modificações que se sugeriram após o experimento com o JCP I. Dentre elas, a mudança do *design* da interface (de espiral para labirinto simples) e a sincronia temporal.

A partir disso foi possível a realização de testagens com maior distinção entre o que seria, de fato, dado a ser coletado, e o que seria, artefato. Essas testagens foram realizadas, junto ao EEG com um Protocolo de aquisição com as seguintes características:

- A Aquisição de dados com taxa de amostragem de 256 Hz
- Filtro Rejeitor (Notch): 60Hz - Filtro Passa-baixa: 0,5 Hz
- Montagem específica do aparelho para cada aquisição:
bipolar

¹²⁹ ATOM TIME: Download disponível em: <<http://www.atomtime.com/>> Acesso em: jul. 2005.

Disposição (regiões nos lobos de interesse) e numero de eletrodos em uma montagem geodésica.

- A faixa de interesse foi de 0,5 Hz até 30 (ou 120 Hz) com filtros (rejeitor ou *notch*) devido à interferência em 60Hz (normalmente elétrica).
- Filtros: Filtro passa-alta de 0,5 Hz/ Filtro passa-baixa de 120 Hz / Filtro **rejeitor de 60 Hz/ Filtro passa-baixa de 70 Hz**

É imprescindível, neste momento, explicar que os Testes realizados intentam responder a questão referente à viabilidade da criação de uma Modelagem para observação da Cognição humana em um ambiente digital acompanhada por impressões eletrofisiológicas. Sob esta ótica, não pretenderam, classificar ou tratar em profundidade, os sinais observados, mas apenas, potencializar a criação de uma estrutura viável para modelar uma observação de ordem cognitiva.

Os Testes passaram a ocorrer, durante às noites, a partir da 19:00h, no Serviço de Neurologia do Hospital de Clínicas, no período de agosto à novembro de 2005. Foram selecionados 10 sujeitos, 07 homens e 03 mulheres, com idades entre 25 e 35 anos, conforme condições prévias estipuladas para a amostra.

Os Testes duraram em média, 30 minutos cada, desde à sincronia dos sistemas, à plotagem dos eletrodos nos sujeitos e a imersão e captação dos sinais junto ao jogo. Cada sujeito realizava duas coletas, uma para adaptação dos sinais, representando um nível basal, e uma segunda coleta.

De uma forma geral, para todos os sujeitos da amostra, algumas inferências são de ordem comum:

- Em um primeiro momento aparece sempre a frequência associada ao ritmo “beta”, representando atividade cortical;

- Aparece no traçado, sempre, alguns fragmentos de atividade *alfa*, pois possivelmente o sujeito passa a relaxar mais (e portanto, pode acertar mais por isso ou errar mais);
- Entretanto, a partir da metade do jogo, os sinais de alfa diminuem sensivelmente, representando um aumento do nível de atenção dos sujeitos durante imersão em um jogo digital;
- Na segunda coleta, os sujeitos tendem a diminuir o tempo de imersão no jogo, o que não representa, maiores acertos no traçado.

Alguns aspectos foram observados e em sujeitos específicos, em um percentual de 10% da amostra, e portanto, não considerados, neste primeiro momento, como dados de relevância, mas passíveis de um tratamento à posteriori, são eles:

- Na primeira coleta de um dos sujeitos¹³⁰, durante imersão no jogo, a região temporal média esquerda, apareceu mais de quatro vezes, representando possivelmente, associação ao ritmo “mi”, de atividade motora relacionada com a intenção;
- Na segunda coleta deste mesmo sujeito, os sinais captados pelo eletroencefalograma migraram de um lado para outro, no caso, do lado esquerdo para o direito, denotando, *à priori*, a idéia de que houve uma apreensão de informações primeiramente por uma área cerebral (de um lado) e depois de “absorvida” a informação teria sido passada para o outro lado, como apreendida.

¹³⁰ Sujeito 1: Masculino- destro – 32 anos (realizado em agosto de 2005).

4.5 ANÁLISES ESPECÍFICAS DOS TESTES

A fim de melhor caracterizar-se como a Modelagem funciona propriamente, desde a imersão dos sujeitos em jogo, a concomitante captação dos sinais eletrofisiológicos pelo EEG e uma análise preliminar dos dados extraídos, este sub capítulo mostra duas análises de testes envolvendo um sujeito masculino e um sujeito feminino.

Para melhor compreender a sistemática dos dados coletados, observar a **legenda** a seguir:

1) Tabela do Jogo – JCP (Excel)

Tempo	Cor	Tecla	Colisão
0	#000000		
2453	#000000	U	S
2854	#000000	L	N

Colisão: S – SIM (erro) / N – NÃO (acerto) / P - PARADO

Direções: up – cima / left – esquerda / right – direita / down - abaixo

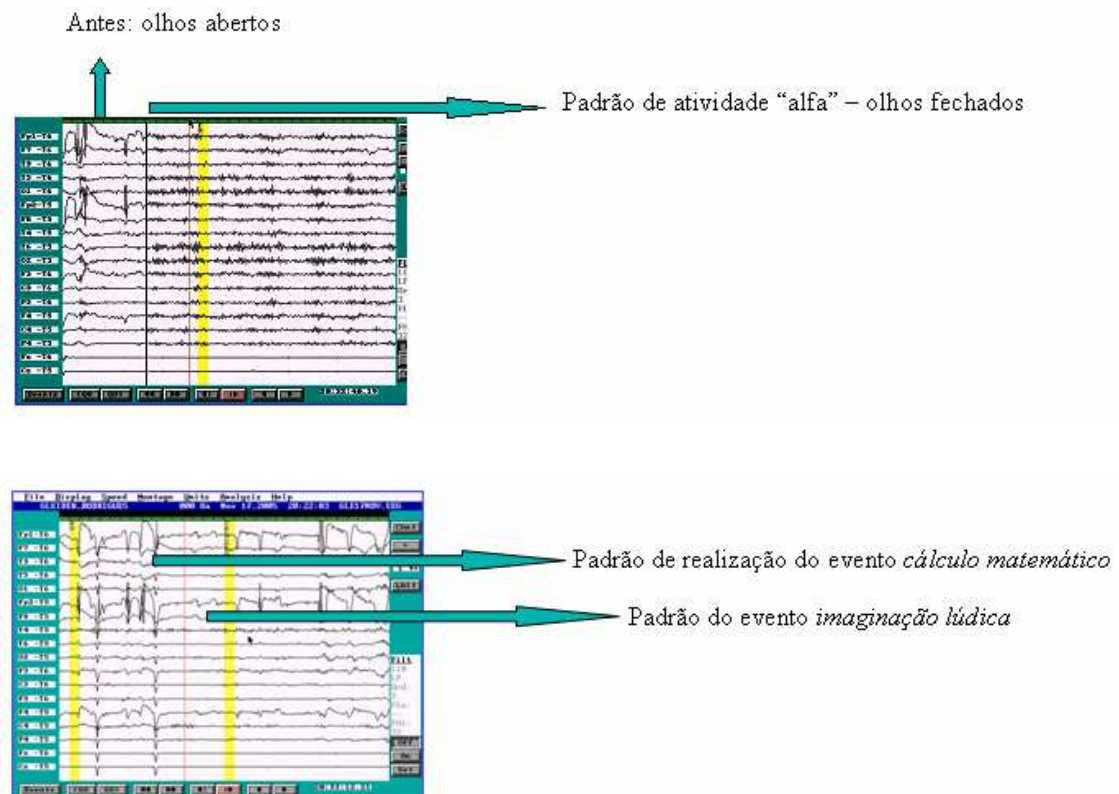
Cores (códigos): 000000 (preto) / FF0000 (vermelho) / FF00FF (rosa) / (...)

O tempo é medido em milissegundos

2) Traçado do EEG



3) Padrões de traçados de EEG possíveis de comparação



As análises a seguir, partiram, portanto, do cruzamento dos dados oriundos desses sistemas. Quanto aos padrões de EEG possíveis de comparação, só foram utilizados efetivamente, nas análises, o que se refere ao ritmo “alfa”, uma vez, que em todos os testes, os sujeitos das amostras, fecharam os olhos algumas vezes.

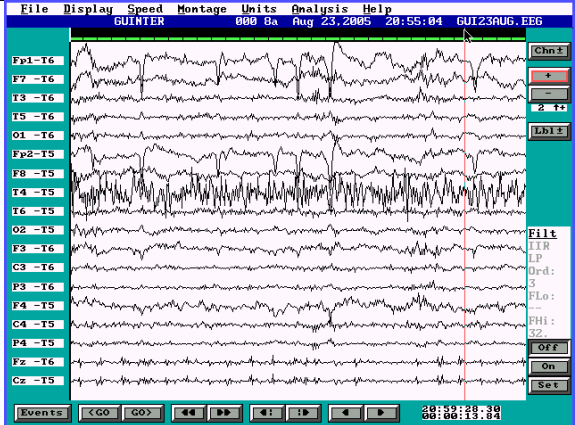
Serão mostradas duas análises, uma masculina e uma feminina, apenas para melhor elucidar a metodologia gerada para interpretação (concomitante ou *à posteriore*), em um tipo de Modelagem para cognição, como a apresentada neste estudo.

1. Sujeito 1- masculino – destro – 32 anos¹³¹

Data: 23-08-2005

Tipo de teste: Piloto II

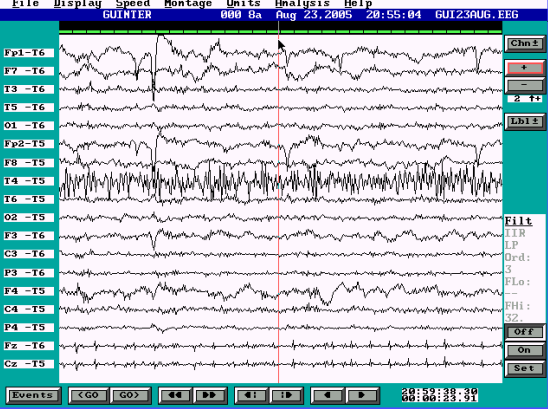
Montagem: 8 A / SISTEMA 10-20 padrão / Montagem monopolar *average*

Jogo - JCP	Traçado de EEG	Interpretação																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>JCP:1 vez</th> <th>Hora</th> <th>Intervalo (ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Início</td> <td>20:56:58</td> <td>2984781</td> </tr> <tr> <td>Fim</td> <td>21:00:41</td> <td>3207862</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo</th> <th>Cor</th> <th>Tecla</th> <th>Colisão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10435</td> <td>#0000FF</td> <td></td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>10556</td> <td>#0000FF</td> <td>L</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>11637</td> <td>#0000FF</td> <td></td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>11707</td> <td>#0000FF</td> <td>U</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>12238</td> <td>#0000FF</td> <td></td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>12368</td> <td>#0000FF</td> <td>L</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>13430</td> <td>#0000FF</td> <td></td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>13500</td> <td>#0000FF</td> <td>D</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>13830</td> <td>#FF0000</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	JCP:1 vez	Hora	Intervalo (ms)	Início	20:56:58	2984781	Fim	21:00:41	3207862	Tempo	Cor	Tecla	Colisão	10435	#0000FF		P	10556	#0000FF	L	N	11637	#0000FF		P	11707	#0000FF	U	N	12238	#0000FF		P	12368	#0000FF	L	N	13430	#0000FF		P	13500	#0000FF	D	N	13830	#FF0000			 <p>13:84 min= intervalo de 13.800 ms</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A sinalização em azul mostra um comportamento onde se repetem as ações de <i>parada – acerto – parada – acerto</i>. - O sujeito procede “corretamente” nas direções conforme seqüência de teclas. - O traçado mantém-se uniforme conforme desenho de EEG até 135.000ms. - Por volta de 138.000ms (marcação em verde) houve troca de cor do fundo do Jogo para a cor <u>vermelha</u>- FF0000, o que gerou alteração do traçado de EEG conforme linha vermelha da figura. Padrão alfa evidente¹³².
JCP:1 vez	Hora	Intervalo (ms)																																																	
Início	20:56:58	2984781																																																	
Fim	21:00:41	3207862																																																	
Tempo	Cor	Tecla	Colisão																																																
10435	#0000FF		P																																																
10556	#0000FF	L	N																																																
11637	#0000FF		P																																																
11707	#0000FF	U	N																																																
12238	#0000FF		P																																																
12368	#0000FF	L	N																																																
13430	#0000FF		P																																																
13500	#0000FF	D	N																																																
13830	#FF0000																																																		

¹³¹ A numeração do Sujeito é fidedigna à coleta realizada.

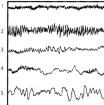
JCP:l vez	Hora	Intervalo (ms)
Início	20:56:58	2984781
Fim	21:00:41	3207862

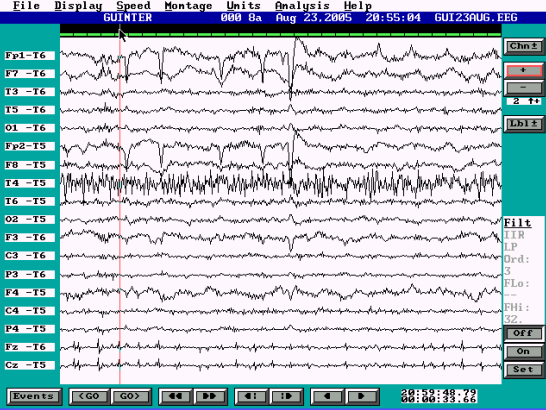
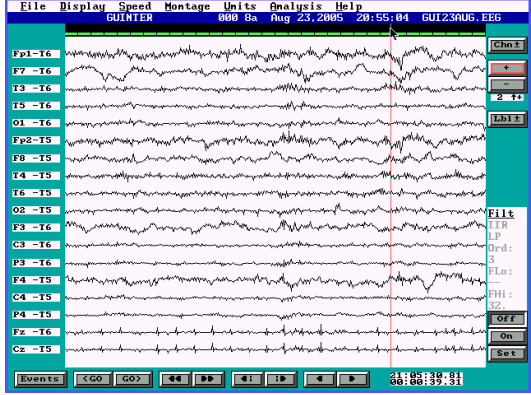
Tempo	Cor	Tecla	Colisão
23023	#FF0000		P
23154	#FF0000	L	N
23885	#FF00FF		
24225	#FF00FF	D	N



23:91 min= intervalo de 23.910 ms

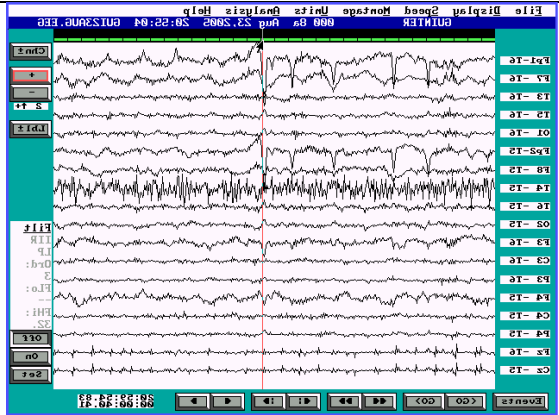
- A sinalização em verde mostra a alteração de cor do fundo do jogo, no momento, para a cor rosa - FF00FF.
- Percebe-se, em azul, que o sujeito não sofre colisões, no entanto, na figura do EEG, a linha vermelha mostra alteração do traçado, o que pode inferir-se que a assimilação da alteração da “cor”, por parte do sujeito, tenha gerado tais picos.
- Esse momento de assimilação da alteração de cor pode ser entendido como simples “percepção visual” e não como representação, propriamente, por não ter gerado no sujeito, mudança de decisão, “movimento”, conforme Piaget. Padrão alfa evidente.

¹³² Padrão alfa evidente: Refere-se à onda alfa, atividade lenta representada pelo segundo traçado da figura ao lado:  Figura disponível em <http://www.alcione.cl/nuevo/index.php?object_id=280> Acesso em: 19 nov. 2005.

<p>JCP:1vez Hora Intervalo (ms)</p> <p>Início 20:56:58 2984781</p> <p>Fim 21:00:41 3207862</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo</th> <th>Cor</th> <th>Tecla</th> <th>Colisão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>33559</td><td>#FF00FF</td><td></td><td>P</td></tr> <tr><td>33629</td><td>#FF00FF</td><td></td><td>P</td></tr> <tr><td>33699</td><td>#FF00FF</td><td></td><td>P</td></tr> <tr><td>33759</td><td>#FF00FF</td><td></td><td>P</td></tr> <tr><td>33829</td><td>#FF00FF</td><td>D</td><td>S</td></tr> <tr><td>33829</td><td>#FF00FF</td><td></td><td>P</td></tr> <tr><td>33899</td><td>#FF00FF</td><td></td><td>P</td></tr> <tr><td>33959</td><td>#0000FF</td><td></td><td>P</td></tr> <tr><td>33959</td><td>#0000FF</td><td></td><td>P</td></tr> </tbody> </table>	Tempo	Cor	Tecla	Colisão	33559	#FF00FF		P	33629	#FF00FF		P	33699	#FF00FF		P	33759	#FF00FF		P	33829	#FF00FF	D	S	33829	#FF00FF		P	33899	#FF00FF		P	33959	#0000FF		P	33959	#0000FF		P	 <p>33:66 min= intervalo de 33.600ms</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Observa-se, em laranja, que o sujeito faz um único movimento para “baixo” e colide e em seguida, “para”. - A sinalização em verde mostra que assim que se muda a cor de fundo do jogo (para a cor azul - 0000FF), embora o sujeito mantenha-se <i>parado</i> no jogo, demonstrado em amarelo, sofre alteração do traçado, conforme linha vermelha da figura do EEG, o que pode significar que apesar de não realizar ação motora, o cérebro continua realizando ações mentais. Como interpretação poderia significar “suposição” segundo os conceitos de Pinker¹³³. Padrão alfa evidente 								
Tempo	Cor	Tecla	Colisão																																															
33559	#FF00FF		P																																															
33629	#FF00FF		P																																															
33699	#FF00FF		P																																															
33759	#FF00FF		P																																															
33829	#FF00FF	D	S																																															
33829	#FF00FF		P																																															
33899	#FF00FF		P																																															
33959	#0000FF		P																																															
33959	#0000FF		P																																															
<p>JCP:11vez Hora Intervalo (ms)</p> <p>Início 20:56:58 2984781</p> <p>Fim 21:00:41 3207862</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo</th> <th>Cor</th> <th>Tecla</th> <th>Colisão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>35231</td><td>#FFFF00</td><td>D</td><td>N</td></tr> <tr><td>35762</td><td>#FFFF00</td><td></td><td>P</td></tr> <tr><td>35832</td><td>#FFFF00</td><td>R</td><td>N</td></tr> <tr><td>36893</td><td>#FFFF00</td><td></td><td>P</td></tr> <tr><td>36963</td><td>#FFFF00</td><td>U</td><td>N</td></tr> <tr><td>37494</td><td>#FFFF00</td><td></td><td>P</td></tr> <tr><td>37564</td><td>#FFFF00</td><td>R</td><td>N</td></tr> <tr><td>38626</td><td>#FFFF00</td><td>D</td><td>N</td></tr> <tr><td>39157</td><td>#FFFF00</td><td></td><td>P</td></tr> <tr><td>39227</td><td>#FFFF00</td><td>R</td><td>N</td></tr> <tr><td>40228</td><td>#FFFF00</td><td>U</td><td>N</td></tr> </tbody> </table>	Tempo	Cor	Tecla	Colisão	35231	#FFFF00	D	N	35762	#FFFF00		P	35832	#FFFF00	R	N	36893	#FFFF00		P	36963	#FFFF00	U	N	37494	#FFFF00		P	37564	#FFFF00	R	N	38626	#FFFF00	D	N	39157	#FFFF00		P	39227	#FFFF00	R	N	40228	#FFFF00	U	N	 <p>00:39 min= 39.000 ms</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Em amarelo observa-se bastante troca de direções, movimento, mudança de decisão. - Em azul, observam-se movimentos quase que intercalados entre paradas e acertos. - O traçado do EEG mostra estabilidade de ritmos. Padrão alfa evidente
Tempo	Cor	Tecla	Colisão																																															
35231	#FFFF00	D	N																																															
35762	#FFFF00		P																																															
35832	#FFFF00	R	N																																															
36893	#FFFF00		P																																															
36963	#FFFF00	U	N																																															
37494	#FFFF00		P																																															
37564	#FFFF00	R	N																																															
38626	#FFFF00	D	N																																															
39157	#FFFF00		P																																															
39227	#FFFF00	R	N																																															
40228	#FFFF00	U	N																																															

JCP: I vez	Hora	Intervalo (ms)
Início	20:56:58	2984781
Fim	21:00:41	3207862

Tempo	Cor	Tecla	Colisão
40358	#0000FF	U	N
40889	#0000FF		P
41170	#0000FF	R	N

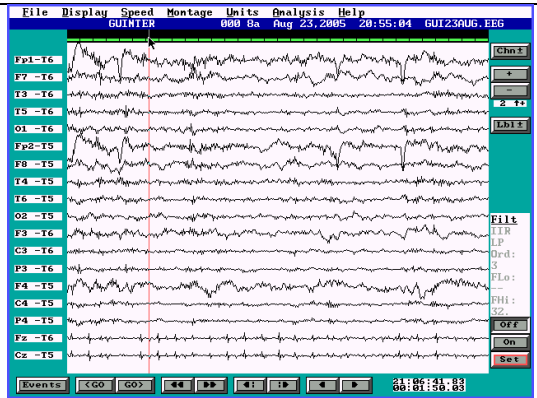


00:40 min= intervalo de 40.000 ms

- Entre 40 e 41 segundos o sujeito subiu, não agiu e mudou a direção para a direita. Alterou a decisão (gerou movimento¹³⁴), marcado em amarelo.
- Suas ações refletem um processo do tipo: agir – não bater - parar para tomar nova decisão – agir novamente – não bater...
- Na figura do EEG o traçado gerou picos conforme a linha vermelha. Padrão alfa evidente.

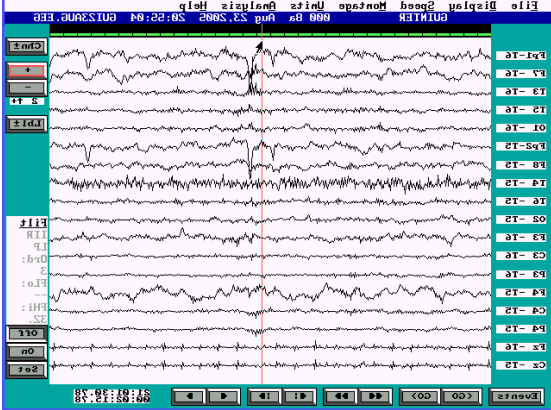
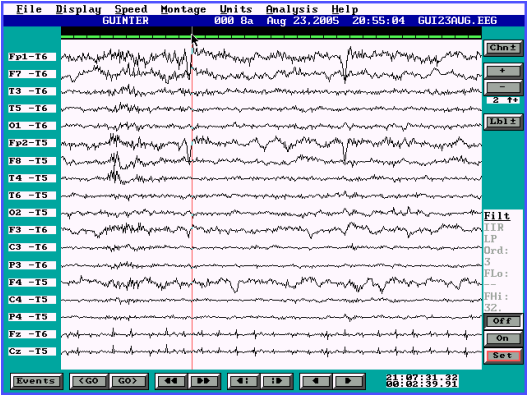
JCP: II vez	Hora	Intervalo (ms)
Início	20:56:58	2984781
Fim	21:00:41	3207862

Tempo	Cor	Tecla	Colisão
108436	#00FFFF	R	N
109498	#00FFFF	D	N
110029	#00FFFF	R	N
111100	#00FFFF	U	N
111561	#00FFFF	R	N



1:50 min= 110.000ms

- Em amarelo, movimentos com variação de direções, intensos.
- Em azul, mostram-se acertos, sem colisões.
- O traçado de EEG, no momento assinalado, mantém-se constante. Padrão alfa evidente.

<p>JCP:1 vez Hora Intervalo (ms)</p> <p>Início 20:56:58 2984781</p> <p>Fim 21:00:41 3207862</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo</th> <th>Cor</th> <th>Tecla</th> <th>Colisão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>133492</td> <td>#FF00FF</td> <td></td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>133693</td> <td>#FF00FF</td> <td>L</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>134283</td> <td>#00FFFF</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>134774</td> <td>#00FFFF</td> <td>U</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>135305</td> <td>#00FFFF</td> <td>L</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>136316</td> <td>#00FFFF</td> <td>D</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>136437</td> <td>#00FFFF</td> <td></td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>136507</td> <td>#00FFFF</td> <td></td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>136567</td> <td>#00FFFF</td> <td></td> <td>P</td> </tr> </tbody> </table>	Tempo	Cor	Tecla	Colisão	133492	#FF00FF		P	133693	#FF00FF	L	N	134283	#00FFFF			134774	#00FFFF	U	N	135305	#00FFFF	L	N	136316	#00FFFF	D	N	136437	#00FFFF		P	136507	#00FFFF		P	136567	#00FFFF		P	 <p>2:16 min= 13.800 ms</p>	<ul style="list-style-type: none"> - O momento assinalado em “verde” reflete o momento da troca de cor de fundo do Jogo e uma certa “estática” na atividade do sujeito. - Em azul, observa-se uma seqüência de acertos, não-colisões. - Em seguida, assinalado em lilá, o sujeito pára e não realiza mais atividade motora. - No traçado do EEG, observa-se uma certa estabilidade nos ritmos e, exatamente neste ponto de troca de cor, um pico nas ondas conforme a linha vermelha na figura. Padrão alfa evidente. 								
Tempo	Cor	Tecla	Colisão																																															
133492	#FF00FF		P																																															
133693	#FF00FF	L	N																																															
134283	#00FFFF																																																	
134774	#00FFFF	U	N																																															
135305	#00FFFF	L	N																																															
136316	#00FFFF	D	N																																															
136437	#00FFFF		P																																															
136507	#00FFFF		P																																															
136567	#00FFFF		P																																															
<p>JCP:1 vez Hora Intervalo (ms)</p> <p>Início 20:56:58 2984781</p> <p>Fim 21:00:41 3207862</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo</th> <th>Cor</th> <th>Tecla</th> <th>Colisão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>160230</td> <td>#0000FF</td> <td>R</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>161292</td> <td>#0000FF</td> <td></td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>161432</td> <td>#0000FF</td> <td>U</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>161963</td> <td>#0000FF</td> <td></td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>162093</td> <td>#0000FF</td> <td>R</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>163154</td> <td>#0000FF</td> <td>D</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>163695</td> <td>#0000FF</td> <td>R</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>164486</td> <td>#FF0000</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>164757</td> <td>#FF0000</td> <td>U</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>165288</td> <td>#FF0000</td> <td>R</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>166369</td> <td>#FF0000</td> <td></td> <td>P</td> </tr> </tbody> </table>	Tempo	Cor	Tecla	Colisão	160230	#0000FF	R	N	161292	#0000FF		P	161432	#0000FF	U	N	161963	#0000FF		P	162093	#0000FF	R	N	163154	#0000FF	D	N	163695	#0000FF	R	N	164486	#FF0000			164757	#FF0000	U	N	165288	#FF0000	R	N	166369	#FF0000		P	 <p>2:39 min= intervalo de 160.000ms</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Percebe-se em amarelo, vários movimentos com trocas de direção. - Em laranja, observa-se mudança de cor do fundo do jogo, o que faz o sujeito, parar por um instante. - No traçado de EEG, percebe-se uma intensa atividade cerebral devido ao intenso movimento com as teclas de direção. Padrão alfa evidente.
Tempo	Cor	Tecla	Colisão																																															
160230	#0000FF	R	N																																															
161292	#0000FF		P																																															
161432	#0000FF	U	N																																															
161963	#0000FF		P																																															
162093	#0000FF	R	N																																															
163154	#0000FF	D	N																																															
163695	#0000FF	R	N																																															
164486	#FF0000																																																	
164757	#FF0000	U	N																																															
165288	#FF0000	R	N																																															
166369	#FF0000		P																																															

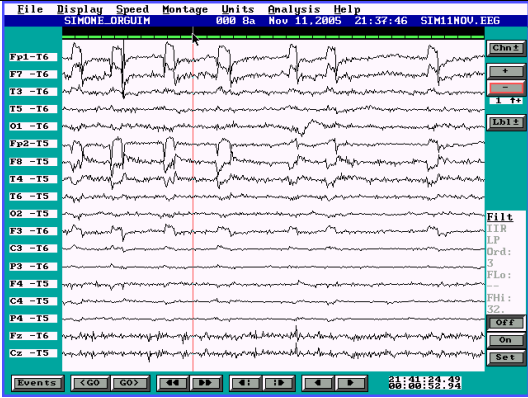
2. Sujeito 6 – feminino – destro – 32 anos

Data: 11/11/2005

Tipo de teste: Piloto II

Montagem: 8 A – Canal 17 e 18 modificado pela eletromiografia / SISTEMA 10-20 padrão

JCP:1 vez	Hora	Intervalo (ms)		
Início	20:56:58	2984781		
Fim	21:00:41	3207862		
Tempo	Cor	Tecla	Colisão	
48460	#00FF00	D	N	
48990	#00FF00		P	
49251	#00FF00	L	N	
50322	#00FF00		P	
50653	#00FF00	U	N	
52786	#00FF00	R	N	
53847	#00FF00		P	
54048	#00FF00	D	N	
54178	#000000		P	
54578	#000000		P	
54849	#000000	R	N	
55910	#000000		P	
56051	#000000	U	N	
56581	#000000		P	
56782	#000000	R	N	



00:52:94 min= intervalo de 53.000ms

- Nesse intervalo, entre 48460 e 60000, observa-se uma seqüência de movimentos para todas as direções (d – l – u – r) mantendo quase que um certo ritmo que se repete.

- Em azul, percebe-se que o sujeito permaneceu com a estratégia de parar primeiro para posterior decisão, o que o levou, a uma série de acertos (não-colisões) no traçado do jogo.

- Em laranja, assinalou-se a mudança de cor, no meio da seqüência, o que não chegou a afetar as ações para gerarem colisões.

- O traçado de EEG mostra esta seqüência de acertos ao caracterizar uma certa continuidade nos ritmos dos sinais, ou seja, percebe-se praticamente, um mesmo desenho de picos. Padrão alfa evidente.

JCP:II vez	Hora	Intervalo (ms)
Início	20:56:58	2984781
Fim	21:00:41	3207862

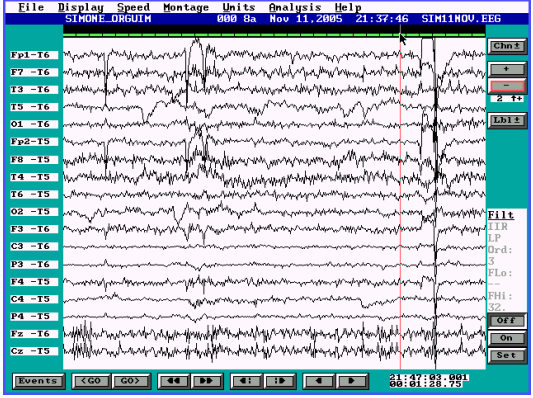
Tempo	Cor	Tecla	Colisão
83229	#000000		P
83500	#000000	L	N
83960	#FFFF00		
84561	#FFFF00		P
84631	#FFFF00	D	N
85162	#FFFF00		P
85362	#FFFF00	L	N
86424	#FFFF00		P
86564	#FFFF00	U	N
87095	#FFFF00		P
87295	#FFFF00	L	N
88357	#FFFF00	D	N

1:25 min= intervalo de 85.000ms

- Em verde sinaliza-se a alteração de fundo de cor do jogo por volta de 85.000ms.
- A partir desse momento, visualizado em azul, o sujeito não realiza nenhuma ação e em seguida retoma, parando e acertando sucessivamente até o final do espectro.
- No traçado de EEG, sua atividade eletrofisiológica mantém-se constante, sem alteração. Padrão alfa evidente.

JCP:II vez		Hora	Intervalo (ms)
Início	20:56:58	2984781	
Fim	21:00:41	3207862	

Tempo	Cor	Tecla	Colisão
89288	#FFFF00	U	S
89969	#FFFF00		P
90039	#FFFF00	U	N
92102	#FFFF00	R	N
92232	#FFFF00		P
92302	#FFFF00		P
92372	#FFFF00		P
92432	#FFFF00		P
92503	#FFFF00		P
92573	#FFFF00		P
92633	#FFFF00		P
92703	#FFFF00		P
92773	#FFFF00		P
92833	#FFFF00		P
92903	#FFFF00		P

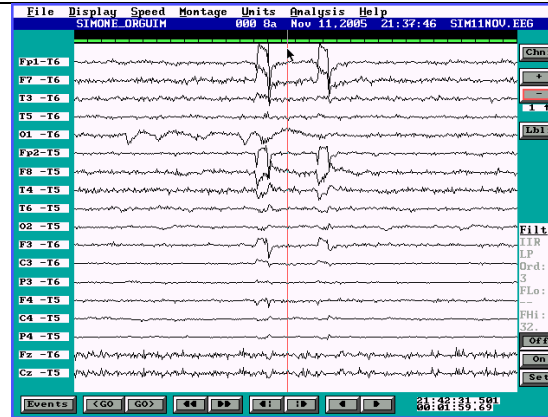


1:29 min= 89.000 ms

- Em azul, percebe-se que o sujeito ao sofrer a colisão, pára e tenta retomar o traçado, inclusive sem colidir até 92102.
- Entretanto, não consegue retomar o ritmo do jogo e pára até 92903, em laranja.
- O traçado de EEG mostra uma certa estabilidade nos sinais, apesar da atividade cerebral aparente. Padrão alfa evidente

JCP:1 vez Hora Intervalo (ms)
 Início 20:56:58 2984781
 Fim 21:00:41 3207862

Tempo	Cor	Tecla	Colisão
121655	#FFFFFF		P
121725	#FFFFFF	R	N
122787	#FFFFFF		P
123057	#FFFFFF	D	N
123588	#FFFFFF		P
123788	#FFFFFF	R	N
124659	#00FFFF		
124859	#00FFFF	U	N
125390	#00FFFF		P
125520	#00FFFF	R	N
126582	#00FFFF	D	N
127123	#00FFFF		P
127253	#00FFFF	R	N
128314	#00FFFF	U	N
128855	#00FFFF		P
128985	#00FFFF	R	N



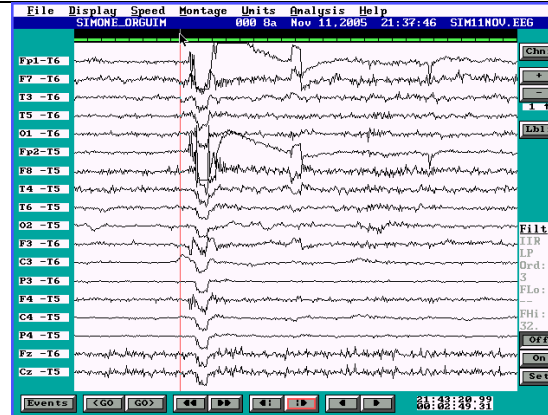
01:59 min = intervalo de 120.000 ms

- Os momentos assinalados em “amarelo”, refletem uma seqüência de eventos realizadas pelo sujeito, envolvendo alteração de direção sucessiva (troca de decisão).

- Os momentos assinalados em “azul” mostram situações intercaladas de “paradas” e de “acertos” no traçado do jogo.

- O traçado de EEG (conforme a linha vermelha na figura) altera-se com picos, durante todo o período entre 121.000milisegundos e 128.000milisegundos, o que pode indicar, que os “picos” surgidos são gerados pela atividade cerebral intensa oriunda das “trocas de decisões” do sujeito e não, especificamente, pelo fato de ter havido “alteração de cor” - 00FFFF, conforme sinalização em laranja”. Padrão alfa evidente.

	Hora	Intervalo (ms)		
Início	20:56:58	2984781		
Fim	21:00:41	3207862		
Tempo	Cor	Tecla	Colisão	
170054	#000000		P	
170125	#000000		P	
170185	#000000		P	
170255	#000000		P	
170325	#000000		P	
170385	#000000	L	S	
170385	#000000		P	
170455	#000000		P	
170525	#000000		P	
170585	#000000		P	
170655	#000000	L	S	
170655	#000000		P	
170725	#000000		P	
170786	#000000		P	
170856	#000000		P	
170926	#000000		P	
171056	#000000	L	S	



2:49 min= intervalo de 170.000 ms

- Em laranja, observa-se a mesma cor prevalecendo no fundo do jogo, o preto, ou seja, no período captado, não houve alteração de cor.
- Em amarelo, observam-se longos períodos de estática e em seguida, um movimento para esquerda; o fenômeno se repete, ao mesmo por três vezes.
- Em azul, observa-se o sujeito por um longo período de tempo “parado” e em seguida, sofrendo uma colisão.
- O traçado em EEG mostra inicialmente um comportamento de freqüências, quase inalterado. Por volta de 170000 ms ocorre um “pico” (momento da colisão), o qual se repete, no traçado, mais umas duas vezes, sugerindo, portanto, que os momentos das colisões, geraram alteração na atividade cerebral. Padrão alfa evidente.

4.6 CRUZAMENTO DE DADOS ATRAVÉS DA TRANSFORMADA DE FOURIER

Uma possibilidade para um tratamento matemático dos sinais extraídos do EEG a partir da Modelagem do JCP é com a Transformada de Fourier.

O *Fast Fourier transform* (FFT) é um eficiente algoritmo para computar uma Transformada de Fourier discreta (DFT) e sua inversa. FFTs são de grande importância para uma variedade de aplicações, de um processamento de sinal digital para a solução de equações diferenciais parciais de algoritmos de multiplicação de integrais rápidas¹³⁵.

De x_0, \dots, x_{n-1} . A DFT é definida pela fórmula:

$$f_j = \sum_{k=0}^{n-1} x_k e^{-\frac{2\pi i}{n} jk} \quad j = 0, \dots, n-1.$$

Em matemática a DFT, é chamada algumas vezes, de Transformada de Fourier finita que é uma Fourier empregada especificamente em processamento de sinais e relacionada a campos para analisar as frequências contidas em amostras de sinais, para resolver equações diferenciais parciais e atuar em outras operações como convoluções.

A DFT pode ser computada eficientemente na prática, usando um algoritmo da FFT.

A seqüência de n números complexos x_0, \dots, x_{n-1} são transformadas dentro da seqüência de n números complexos f_0, \dots, f_{n-1} pela DFT de acordo com a fórmula:

$$f_j = \sum_{k=0}^{n-1} x_k e^{-\frac{2\pi i}{n} jk} \quad j = 0, \dots, n-1$$

Onde e é a base do logaritmo natural / a unidade imaginária ($i^2 = -1$), e π é Pi. A transformada é, às vezes, denotada pelo símbolo \mathcal{F} , como em

$$\mathbf{f} = \mathcal{F}(\mathbf{x}) \text{ ou } \mathcal{F}\mathbf{x}.$$

A transformada discreta de Fourier inversa (IDFT) é dada pela equação:

$$x_k = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} f_j e^{\frac{2\pi i}{n} jk} \quad k = 0, \dots, n-1.$$

Em se tratando da Tese questão, na qual cruzam-se sinais digitais oriundos do jogo (JCP) e sinais eletrofisiológicos (oriundos de eletroencefalografia), a transformada de *Fourier* possibilita a visualização de um espectro que cruza sinais de ritmos e frequências com sinais de “colisões”, “direção”, “alteração de cor”, originando assim, imagens com as seguintes características:

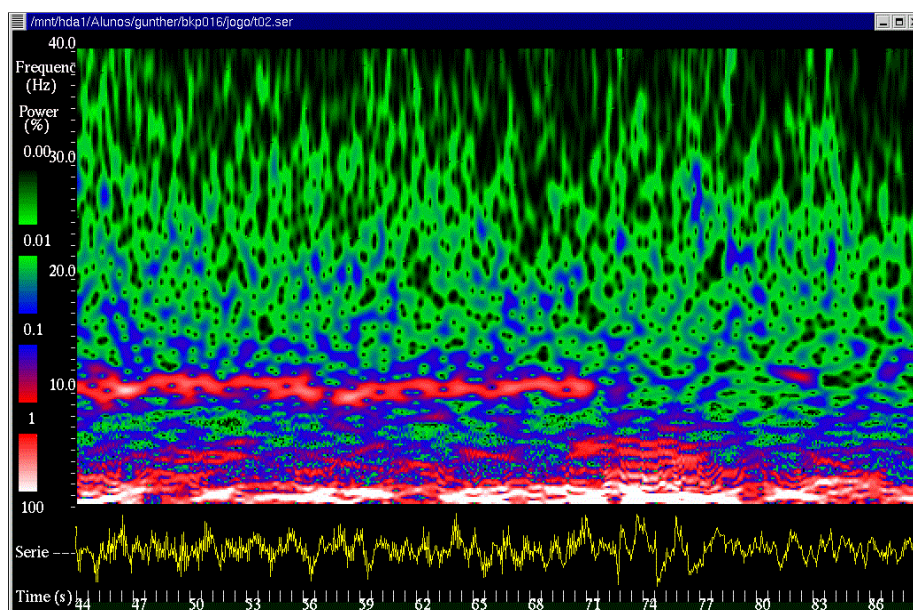


FIGURA 56: *Fourier* na Modelagem cognitiva JCP

Na Figura 56, o Gráfico é regido pelo tempo de coleta durante atividade cognitiva e pela variação de frequências medidas pelo EEG. A Série de sinais do EEG aparece logo acima do tempo. As cores verde e azul representam a atividade elétrica cerebral (sem tratamento) e a cor vermelha, aparecendo em bandas, representa os ritmos *alfa* emitidos pelo sujeito em um determinado período de tempo do jogo.

Em síntese, os dados coletados pelo experimento confirmam a viabilidade de uma observação cognitiva, realizada pela Modelagem (em estudo) composta pela interface digital (protótipos dos jogos JCP1 e JCP2) e pelo sistema de sincronia temporal (via Atom time), através de expressões de percepção, representação e memória, humanas.

Os dados permitem ainda, a observação (concomitante) de atividade eletrofisiológica, resultante da imersão dos sujeitos da amostra no ambiente digital produzido

para a produção de atividade cognitiva, através dos traçados registrados pelo eletroencefalograma utilizado no processo.

O próximo capítulo discute e interpreta esses dados a partir das sub questões geradas para subsidiarem a problematização desta Tese.

5 DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Este capítulo resgata as sub questões da Pesquisa e seus indicadores, a fim de discutirlos à luz dos dados coletados.

A Pesquisa pretendeu responder às seguintes questões norteadoras:

- 1) É possível a criação de um ambiente digital do tipo “jogo”, que expresse características cognitivas (traçadas ao longo do referencial teórico) através de variáveis físicas (nos eventos)?
- 2) Há possibilidades práticas de acoplagem e de sincronia entre um ambiente digital do tipo “jogo” com um equipamento de medição eletrofisiológica do tipo eletroencefalografia para detecção de sinais de ambos?
- 3) Quais são os parâmetros, em termos de “jogo” e de “sinais de EEG” que precisam ser dimensionados para a realização destes testes?
- 4) Há significância (através da interpretação cognitiva dos sinais) no uso de *EEG* para detecção de processos cognitivos (perceptivos) neste trabalho?

Para isso utilizou os seguintes **Indicadores**:

- a) A transposição das variáveis cognitivas em variáveis físicas (no ambiente digital) é realizada durante a construção dos modelos da fase I e da fase II do experimento;
- b) A descrição dos processos de criação dos jogos, fase I e fase II, utilizando a plataforma *Game Maker*;
- c) A acoplagem dos dois sistemas através de um sincronizador de relógios;

- d) O registro dos sinais advindos do EEG (*nos sujeitos da amostra*) em sincronia com as fases inclusas do “jogo”.

Para a discussão e interpretação destes dados, as questões e indicadores serão abordados sob forma de texto e não de respostas, devido ao entrelaçamento gerado pela complexidade implícita na abordagem da Cognição, observada ao longo da presente Pesquisa.

Primeiramente é fundamental considerar que este estudo refere-se à validação de uma metodologia para observação de atividade cognitiva e sendo assim, as considerações sobre os aspectos qualitativos, representam efetivamente o objeto dessa Pesquisa, ao invés de uma consideração basicamente quantitativa. Isso significa que o uso de uma amostra de 10 sujeitos, referenda apenas *a potencialidade, a coleta de dados e a utilização* da Modelagem, como possibilitadora de Observação de atividade cognitiva humana, propriamente, mas este uso não tem por intuito, gerar informações comprobatórias ou de negação, em função de número, a respeito de atividade cognitiva ou neurológica ou comparações de qualquer espécie.

A construção do JCP I (o teste piloto) permitiu, basicamente, a visualização de dois parâmetros fundamentais para a parte experimental: a necessidade de criação de um *design* mais “**simples**” de jogo (do *design* da espiral para o labirinto) para a testagem e a validação de **poucas** variáveis, principalmente no que se refere à variável “cor”, ao invés de todas as possibilidades teoricamente.

Esses aspectos, referentes à necessidade de simplicidade do sistema, se não considerados, interferem diretamente no acompanhamento dos eventos inclusos no jogo em acoplamento ao EEG, não produzindo eficácia no reconhecimento dos sinais a que se está adquirindo devido à complexidade das informações que chegam tanto quantitativamente quanto qualitativamente. Isso ocorre porque a captação de sinais pelo EEG ocorre com uma frequência de 128 Hz o que gera a possibilidade de entrada de muitas informações sendo coletadas em espaços de tempo muito curtos. No caso em questão, com um acúmulo de variáveis, não se teria controle sobre todas estas entradas.

De qualquer forma, o uso da variável “cor” como a principal variável estudada nesta tese, justifica-se ao tomar-se como premissa dois conceitos, o de *cor* como reflexão e refração da luz e o de que o ser humano enxerga sob duas dimensões e meia.

Esses conceitos engendram a idéia de que a percepção visual da *cor* congrega praticamente todas os aspectos componentes das imagens dos objetos, passíveis de observação humana, pois sua visualização é na verdade, fruto de integrações de sombras, de distâncias, de iluminação, de contrastes, além de características (biológicas, psicológicas), do ser humano. Sendo assim, as variações de traçados, de espessuras, de profundidades, poderiam ser representações geradas a partir de variações das próprias cores.

O Teste da Fase II, o JCP II, com o *design* de um o “labirinto” simples propiciou uma acoplagem com o EEG, permitindo, de fato, captar a interferência gerada pelas variáveis físicas através do EEG. A substituição de um traçado de protocolos para um traçado envolvendo uma tabela do *Excel* permitiu, também, mapear a correlação das informações inclusas nos Jogos e nos sinais do EEG.

O uso de um sistema de calibração entre os relógios (sistema *ATOM TIME*) do computador e do EEG potencializou a sincronia entre os sinais advindos de ambos os sistemas não gerando erros significativos na tabulação dos mesmos.

De um ponto de vista teórico, sobressai desta *Modelagem* que, de fato, as idéias de *Julesz* (que tem como base que a percepção visual, além dos aspectos visuo-neurológicos e culturais, congrega informações mais internas), estão corretas, pois, as variáveis cognitivas relativas a **movimento, solidez, forma, espessura**, representadas nesta modelagem pelas variações das cores, concebidas nesta Pesquisa como variáveis independentes, são realmente, potencializadoras de ações cognitivas.

Logo, para realizar a percepção de uma determinada imagem deve haver a combinação desses elementos (temporariamente) através de um mecanismo cerebral conhecido como mecanismo de *integração*.

Na verdade, *Juslez* com o experimento de camuflagem, inferiu que esta *integração* que o cérebro faz, para poder distinguir sobreposições ou diferenças de imagens, requer características cognitivas. Nas análises percebe-se, pelos sinais eletrofisiológicos coletados através do eletroencefalograma, que a cada alteração de variável física (independente) “cor”, uma variável dependente como “atenção” ou “concentração” é acionada.

Ao mesmo tempo, percebe-se com este estudo que as imagens mentais realmente não são descrições independentes do sujeito que as cria (de fora para dentro), pois, se assim o fossem, armazenariam rótulos e poderiam fazer previsões.

Dessa forma, sempre que um determinado fenômeno se repetisse, o cérebro já o esperaria não gerando nenhum “artefato” em seu processamento, o que não se configura, na realidade, pois a cada alteração de cenário do Jogo, trocas de cores, colisões, mudanças de direção, a que os sujeitos foram submetidos, os traçados eletrofisiológicos se modificavam.

De acordo com Pinker (2000) as imagens mentais são representações do mundo real, espécies de padrões extraídos da memória de longo prazo e não simplesmente do sistema visual. Elas atuam sob sobreposições ou ambigüidades, e armazenam (não fielmente) fragmentos de cenas e não a cena inteira (em virtude de limitações diversas como a perspectiva, por exemplo), pois dependem da organização da memória e da imagem.

Dessa forma, o pensamento visual está mais associado aos “conceitos” das imagens do que a seus conteúdos; portanto *não* é a simples memorização ou percepção das imagens que favorecem à percepção, mas também, suas relações significativas. Se assim o fosse, os sujeitos dos testes não deveriam “errar” ou “colidir” nas paredes do jogo, após a primeira imersão, pois no cenário do JCP II havia sempre um mesmo circuito e um mesmo mecanismo diretivo, o que faria com que o sujeito o percorresse sempre da esquerda para a direita e depois, em outra linha acima, da direita para a esquerda, e assim sucessivamente.

Na verdade, não é isso que se percebe, pois há outras relações significativas interferentes nesse processamento, geradas pelas alterações das variáveis independentes, como a iluminação do ambiente, o próprio ambiente, as trocas de cores, além de outras relações possíveis, como variáveis dependentes (não mensuradas), como expectativas prévias

do sujeito, estado motivacional, emocional, físico, dentre outras, que seriam aqui, apenas citadas por não estarem no escopo desse trabalho.

Segundo Piaget e Fraise (1996), situações que se utilizam de *learning sets*, casos em que se utilizam dinâmicas como inversões de relações, por exemplo, há normalmente, em seguida à inversão de comando, um tempo “longo” para readaptação do sujeito e por consequência erros; após continuidade desse processo, os erros tendem a diminuir.

O mais interessante nesse aspecto dos *learning sets*, é o fato de que Harlow (1950 apud PIAGET e FRAISSE, 1993) ao propôr esse termo, referiu-se a atividades intelectuais que estão de uma forma ou outra desenvolvidas em situações experimentais.

Nesses casos os fenômenos (aos quais, os sujeitos são expostos) devem ser visualizados sob diversos ângulos, com multiplicidade, gerando assim capacidades de novas adaptações no ser humano e assim quem sabe, ampliações de seus espectros perceptivos. De acordo com Piaget e Fraise (1996, p. 30) “não é cômodo interpretar as diferenças culturais que tem sido pouco estudadas a esse respeito; todavia, não podemos surpreender-nos de encontrar maior rigidez nos sujeitos pouco treinados nas variações que uma cultura e uma língua evoluídos, permitem”.

Entretanto mesmo considerando a máxima: “não vemos o que esperamos ver” (PINKER, 2000, p. 277), a teoria defendida por Marr e Biederman (apud PINKER, 2000) sustenta a tese de que em níveis mais avançados da percepção humana a mente “idealizaria” aquilo que vê. A explicação engloba aspectos extraídos da memória e portanto, da imaginação. Sob essa ótica, imagina-se a explicação para o aumento do índice de acertos em jogos de natureza digital após repetições sucessivas. No caso do experimento em questão, só foram realizadas duas testagens por sujeito, o que não se configura *campo* para essa constatação.

Em síntese, “nenhum sistema cognitivo estaria apto a conhecer-se exaustivamente nem a se validar completamente a partir dos seus próprios instrumentos de conhecimento” (MORIN, 2005, p. 24).

6 TRABALHOS FUTUROS

6.1 TRILHANDO IDÉIAS

Considerando que os estudos cognitivos alusivos às funções cerebrais, de uma forma geral, ainda são reduzidos tanto em número quanto em descobertas reais sobre este funcionamento, o presente trabalho situa-se, em termos de aplicações, em contribuições para os estudos da memória e da percepção uma vez que estas funções cognitivas são interdependentes.

As sugestões a seguir, sobre o fenômeno testado, foram pensadas quando da realização desta pesquisa, mas não puderam ser contemplados nesse estudo, o que os remete a incentivos a pesquisas futuras.

O primeiro aspecto que urge a ser pesquisado é o que se refere a uma inferência de ampliação cognitiva que possa vir a ser gerada diante de uma motivação na interface digital. O senso comum nos remete a uma falácia no que se refere à interferência digital em nível cognitivo. Da Psicologia e da Educação têm-se alguns receios, da Medicina, poucos ensaios, portanto é um campo a ser investigado. Em tese, uma pergunta mais específica poderia ser: - Os sinais de frequência captados pelo teste com EEG possuem significância na inferência de ampliação do espectro percepção/representação dos sujeitos durante performance no ambiente digital?

A partir deste estudo e com investigações interdisciplinares futuras é possível promover a construção de ambientes digitais propositivos de ampliação de espectros perceptivos e de memória; tratar (de forma interferente) questões referentes a déficits de atenção e concentração, à integração (das partes e do todo), à construção de imagens, à psicomotricidade, ao desenvolvimento da perspicácia, à velocidade de raciocínio, à perseveração e à extrapolação da categorização (pela cultura) cerebral dentre outras.

Uma outra possibilidade de investigação, de natureza mais específica, é a que se refere a uma imersão à Psicologia cognitiva. A partir do tópico abaixo, foi realizada uma rápida exploração desta possibilidade que está se constituindo como artigo.

6.2 CONSTITUINDO ALGUMAS... A MODELAGEM E UMA ANÁLISE VIA PSICOLOGIA COGNITIVA

Iniciando por Piaget, uma vez que a Pesquisa aporta-se, em parte, na sua epistemologia genética, faz-se interessante uma discussão referente à Modelagem sob a ótica dos Processos de Atividades intelectuais para a verificação das diferenças (ou não) geradas por atividades de natureza diferentes.

Piaget e Fraisse (1996) tratam do assunto atividades intelectuais a partir da idéia de um estímulo gerando uma resposta intelectual, portanto não reflexa. De antemão já na introdução, trazem uma ressalva a respeito do uso da terminologia “atividades intelectuais” e não da terminologia “pensamento” como usualmente. O fato é que o intuito na obra, é expor aspectos “experimentais” testados referentes à conduta ou o comportamento humano e portanto, não se estabelecer uma grande discussão a cerca das teorias que circundam os atos de pensar, deduzir, avaliar, dentre outros, pois essas, nem sempre correspondem ao observável ou correlacionam-se umas com as outras.

É sob essa mesma ótica que este tópico apresenta idéias de alguns testes psicológicos que podem subsidiar ou parametrizar atividades cognitivas como as contidas no Teste cognitivo em análise (JCP), sem necessariamente intentar-se um “encaixe” ou um “acoplamento” deste aos testes mencionados.

A noção de esquemas do ponto de vista piagetiano é o motor pelo qual se pode compreender melhor o processo que envolve a função inteligência, incluindo principalmente a “falsa” distinção da prática e do abstrato. Obviamente, os esquemas tem a ver com as conexões presentes entre os estímulos e as respostas. São, na verdade, o processamento de

cada tipo de resposta que compreende a função do esquema, como por exemplo, o envolvimento das classes, das regularidades, das dominâncias dentre outros aspectos.

Sob esta perspectiva, pode-se construir um estudo para a criação de jogos, que se fundamente pelos processos que envolvem as atividades intelectuais, conforme mapa conceitual a seguir:

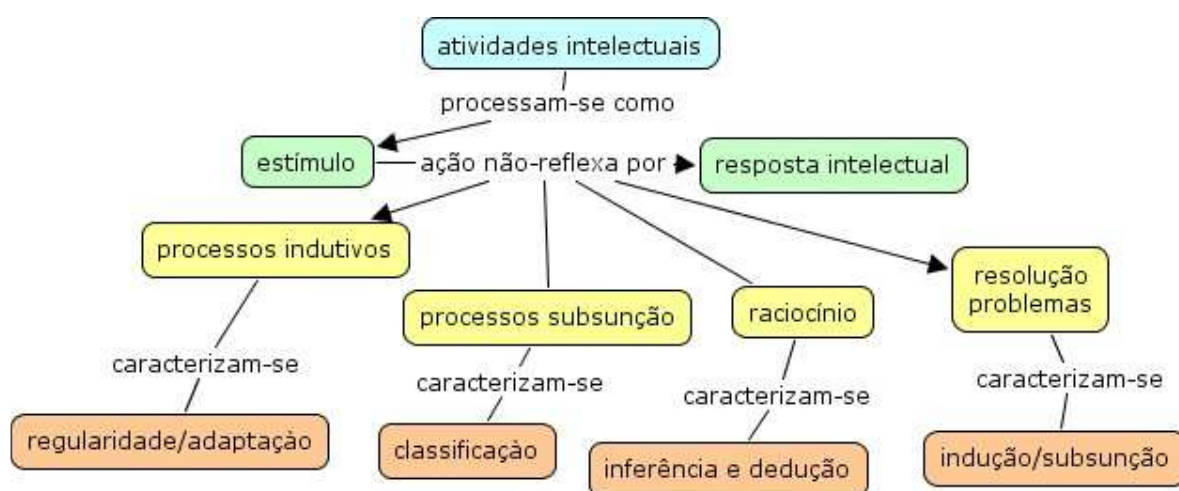


FIGURA 57: Tipos de Atividades Intelectuais (PIAGET)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta Tese chega à modelagem de uma ferramenta para a detecção de percepção humana instrumentalizada pela eletroencefalografia respondendo ao Problema inferido: **Como modelar uma observação da Cognição humana mediada pelo uso de tecnologias digitais e acompanhada por impressões eletrofisiológicas?** Conforme os propósitos metodológicos levantados para tal, envolveu a criação, o acompanhamento e a extração dos primeiros dados de uma atividade cognitiva dentro de um ambiente digital com concomitante observação de sua interferência cerebral para fins cognitivos.

Para uma conclusão de fato, a respeito do que foi possível construir com este estudo, é preciso compreender-se esta tese, através do seguinte mapeamento:

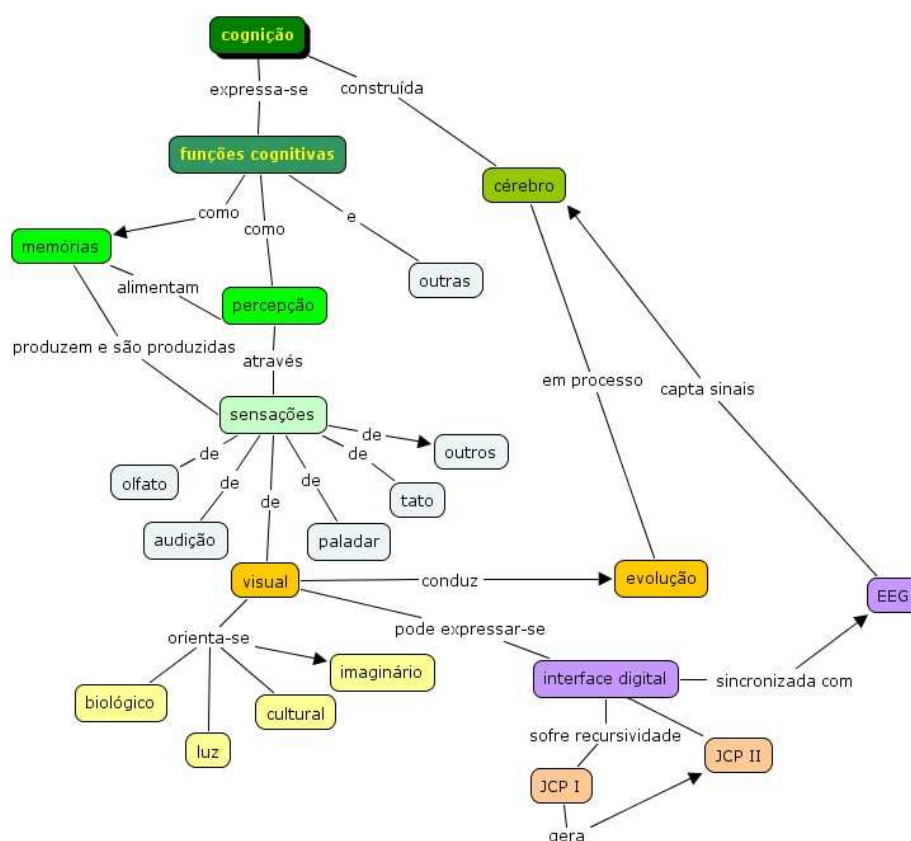


FIGURA 58: Mapa Conceitual – Considerações Finais

Sobre a *observação da cognição humana em uma interface digital*, é necessário dividir-se a frase em dois tópicos, o primeiro referindo a *observação da cognição humana* e o outro, “*em uma interface digital*”.

Para a cognição humana, há, basicamente, três aspectos fundamentais aqui considerados: um aspecto referente à construção teórica de caráter interdisciplinar para entendimento do que possa vir a ser “cognição humana” e ainda, de suas dissidências ou funcionalidades, como no caso em questão, das funções cognitivas de memória e de percepção; um outro aspecto referente à observação dessas funções, por meio das sensações e suas expressões de atenção, de concentração ou de integração; e ainda, um terceiro que se refere à geração (motivadora) dessas expressões, na prática (experimento).

Este primeiro ponto representa-se durante a construção do conceito de percepção que permeou este estudo e que foi necessário para pontuar a complexidade que cerca a temática da

cognição e a possibilidade de sua verificação, em termos experimentais, construídos pelo próprio pesquisador.

A premissa conceitual constituída de que “*O processo de Percepção e Representação significa como interpretar uma informação, sendo essa interpretação fruto das experiências dos indivíduos (em evolução), as quais são amadurecidas pelos esquemas de desenvolvimento e guardadas na memória para então, novamente, subsidiarem todo o processo e gerarem conhecimento*”, fundamentou a idéia de construção dos testes/jogos (JCP I e JCP II) através da correlação entre as variáveis físicas (testadas) e as variáveis cognitivas representantes da percepção viabilizando a execução do experimento.

A segunda parte da frase “*em uma interface digital*”, referenda a idéia de que um ambiente digital pode ser um espaço muito rico para testagens referentes à cognição humana, uma vez que o uso deste tipo de tecnologia já é parte inerente à grande parte da humanidade, e que estudos de natureza cognitiva diante destes espaços, ainda são muito escassos.

Para esta tese houve a necessidade do desenvolvimento de uma interface digital que acoplasse, na perspectiva cognitiva discutida, interação com os sujeitos a partir de expressões da percepção humana, e conexão com instrumental da eletrofisiologia (EEG).

O desenvolvimento dos dois protótipos de jogos modelou, em princípio, a dinâmica cognitiva passível de detecção. Isso representa, neste momento que a simples construção desses protótipos através da plataforma *Game Maker*, já seria, suficientemente capaz de gerar dados para a observação da percepção, primeiro aspecto a ser pesquisado neste estudo.

Entretanto, a inserção da neurociência e de alguns preceitos da epistemologia genética, como a evolução da cognição e a representação como um processo seguido da percepção, engendrou neste estudo, possibilidades de observar-se, na prática, a correlação (efetiva) entre aquilo que é percebido (e representado) pelo indivíduo e os acontecimentos em nível cerebral, através dos ritmos de frequências detectados pela eletroencefalografia.

Os acontecimentos, em nível cerebral, geraram dados fidedignos através dos picos dos traçados do EEG, para a observação de que alterações do ambiente (digital), ao serem percebidas e decodificadas no cérebro, como imagens mentais, produzem expressões de cognição.

Isso significa dizer que, em interação com o meio, expressões da cognição, observadas com, mudanças de decisões dos indivíduos, são geradas não somente pela percepção (sensorial), mas também, pelo pensamento.

Esta conexão interdisciplinar e complexa, entre as ciências envolvidas, promove a abertura de um campo de investigação que vai além da cognição humana, ou da medicina, ou da educação, ou da psicologia.

Em síntese, a criação desta Modelagem para observação da cognição, gera instrumental para construções de qualquer natureza que se refira ao *Homem*. Desde as interfaces digitais quase “personalizadas” como nos estudos de Iding (2000), até a revitalização do uso da eletroencefalografia para fins de cognição, como os estudos iniciados pela década de 1950 com Henri Gestaut, Meyers e Hayne¹³⁵.

¹³⁵Henri Gestaut, Meyers e Haynes: Pesquisadores francês e americanos, respectivamente, que na década de 50 trabalharam exaustivamente para o desenvolvimento do EEG como campo de pesquisa interdisciplinar, da medicina à filosofia. Em NIEDERMEYER, E. *Electroencephalography: Basic, Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. Williams and Wilkins. Baltimore, USA, 1999.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDLER, Daniel. *Introdução às ciências cognitivas*. São Leopoldo: Unisinos, 1998.

ARNHEIM, Rudolf. *Arte e percepção visual: uma psicologia da visão criadora*. São Paulo: Guazzelli & Cia Ltda, 1989.

AXT, Margarete. Tecnologia na Educação, Tecnologia para a Educação: um texto em construção. *Informática na educação: teoria & prática*, Porto Alegre: UFRGS, v. 3, n. 1, p. 51-62, 2000.

AZEVEDO, Nyrma S. *Cultura popular e pedagogia crítica: a vida cotidiana como base para o conhecimento curricular*. Disponível em: <http://www.educacaoonline.pro.br/representacoes_e_emocao.htm> Acesso em: out. 2001.

BARRUECO, Angel B. Influencia Del entorno econômico y cultural em lãs aportaciones de los programas y documentos transnacionales a favor de la integración laboral y social de las personas minusválidas. *Revista Enseñanza*, Universidade Salamanca, n. 10-11, p. 97, 1992-1993.

BECKER, Fernando; FRANCO, Sérgio K. *Revisitando Piaget*. Porto Alegre: Mediação, 1999.

BERGER, H. Über das Elektrekephalogramm des Menschen. *Archiv für psychiatrie und nervenkrankheiten*. v. 87, p. 527-570, 1929.

BERGER, P.; LUCKMANN, T. *A construção social da realidade*. Petrópolis-RJ: Vozes, 1985.

BERNARDI, A. *Filtros de Kalman no Levantamento de característica do sinal de EEG*. Itajubá: Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1999. Dissertação (Mestrado em

Engenharia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1999.

CAMPELO, T. M. *Aquisição e processamento de sinais biolétricos neurofisiológicos intraoperatório*. Florianópolis: UFSC, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

CATON, R. The electrical currents of the brain. *British Medical Journal*, v. 2, p. 278, 1875.

CELARO, Myrian; GARRIDO, Susane. *Distance learning in higher education: implementation of flexible devices*. Artigo publicado no ICDE 2003 – Hong Kong – China. Disponível em <http://icde.ouhk.edu.hk/html/>.

CELARO, Myrian; GARRIDO, Susane. *Open devices and innovation in education at the university: cognition and flexibility*. In the Conference ED MEDIA 2003/AACE (Association for the Advancing in the Computing in Education). Full paper Anais of Cd rom. Honolulu: Hawaii USA, 2003.

COSTA, M. H. *Derivação da fonte de sinais de eeg: correlação e mapeamento cerebral*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1994. Tese (Mestrado em Engenharia Biomédica), Programa de Engenharia Biomédica, COPEE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994.

DARWIN, Charles. *A expressão das emoções no Homem e nos animais*. São Paulo: Cia das Letras, 2000.

EDWARDS, B. *Desenhando com o artista interior*. São Paulo: Claridade, 2002.

ESPINOSA, Lara; TIMM, Liana. *Psicodinâmica das cores*. Disponível em: <<http://www.comunica.unisinos.br/~lara/psicodinamica/>> Acesso em: nov. 2005.

FERREIRO, Emilia. O mundo digital, e o a nuncio do fim do espaço institucional escolar. *Pátio*, ano IV, n. 16, p. 10, fev.-abr. 2001.

FURASTÉ, Pedro Augusto. *Normas técnicas para o trabalho científico*. 13. ed. Porto Alegre: s.n., 2004.

GARRIDO, Susane. A perspectiva sistêmica na cognição humana a partir da influência das tecnologias do ciberespaço. *Revista Digital da CVA RICESU*, v. 3, n. 9, jul. 2005. Disponível em: <<http://www.ricesu.com.br/colabora/n9/index1.htm>> Acesso em: ago. 2005.

GARRIDO, Susane. *Modelagem de um jogo/teste (jcp) para detecção de percepção e representação humanas através de um ambiente digital utilizando análise eletroencefalográfica*. Categoria Paper convidado para o CIQEAD 2005 – Congresso Internacional de Qualidade em Educação a Distância. São Leopoldo (Brasil)–UNISINOS/RICESU – jun. 2005. Disponível em: <<http://www.ricesu.com.br/ciqead2005/trabalhos/26.pdf>> Acesso em: jul. 2005.

GARRIDO, Susane. *Modeling of a game/test (jcp) for detection of human perception and representation by means of a digital environment making use of electroencephalographic analyzes*. In the Intercative Technologies Conference 2005. Society for Applied Learning Technology -50 Culpeper Street - Warrenton VA 20186. Published in Cd rom. Website of the conference. Disponível em: <<http://www.salt.org>> Acesso em: jul. 2005.

GARRIDO, Susane. *The human cognitive functions and the cyberspace: a Brazilian point of view*. In the Conferência SITE 2002/AACE (Association for the Advancing in the Computing in Education). *Full paper Anais of Cd rom*. Nashville/Tennessee: USA, 2002.

GARRIDO, Susane. *The systemic perspective in the virtual environments*. In the Conference ED MEDIA 2003/AACE (Association for the Advancing in the Computing in Education). *Full paper Anais of Cd rom*. Honolulu: Hawaii USA, 2003.

HAGOORT, Peter et al. Integration of word meaning and World Knowledge in Language Comprehension. *Science*, v. 304. Disponível em: <www.sciencemag.org> Acesso em: 16 abr. 2004.

HASAN, J.; JALONEN, J.; VAAHTORANTA et al. *Intra-and inter-individual variability of EEG waveforms studied with a hybrid system*. Karger, Basel, Suíça: Koella, 1983.

IDING, M. Is seeing believing? Features of effective multimedia for learning science. *International Journal of Instructional Media*, v. 27, n. 4, p. 403-415, 2000.

IZQUIERDO, I. ; MEDINA, J.H.. Memory formation: the sequence of biochemical events in the hippocampus and its connection to activity in other brain structures. *Neurobiology of learning and memory*, 1997.

IZQUIERDO, Iván. *Memória*. Porto Alegre: ARTMED, 2002.

KANDEL, Eric; SCHWARTZ, James; JESSEL, Thomas. *fundamentos da neurociência e do comportamento*. Rio de Janeiro: Guanabara; Koogan, 2000.

KELLAWAY, P. Automation of Clinical Electroencephalography: The Nature and Scope of the Problem In: KELLAWAY, P.; PETERSÉN, I. *Automation of clinical electroencephalography*. New York, USA: Raven Press, 1973.

KOVÁCS, Zsolt L. *O cérebro e a sua mente: uma introdução à neurociência computacional*. São Paulo: Acadêmica, 1997.

LEVY, Pierre. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993. (Coleção TRANS).

LEVY, Pierre. *Cybercultura*. França: Jacob, 1998.

LOPES DA SILVA, F. H. EEG Analysis: Theory and Practice. In: _____; NIEDERMEYER, E. *Electroencephalography: basic principles, clinical applications and related fields*. Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1987.

LOPES, Carla Diniz. *Compressão de sinais de EEG através da transformada discreta do cosseno e da transformada wavelet discreta*. Porto Alegre: UFRGS –LAPSI, 2004.

McKOOK, Gil; RATCLIFF, Roger. *How should implicit memory phenomena be modeled?* Estados Unidos: Northwestern University, 1995. Disponível em: <<http://www.psych/people/faculty/ratcliff/schreply.html>> Acesso em: nov. 2003 .

MEYER, Philippe. *O olho e o cérebro: biofilosofia da percepção visual*. São Paulo: UNESP, 2002.

MONTAGERO, Jacques; NAVILLE, Danielle. *Piaget ou a inteligência em evolução*. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

MOREIRA, Marco A. *Teorias de aprendizagem*. Porto Alegre: EPU, 1999.

Morin, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. Porto Alegre: Sulina, 1991.

Morin, Edgar. *O método 4*. As idéias. Porto Alegre: Sulina, 2002.

Morin, Edgar. *O método 3*. O conhecimento do conhecimento. Porto Alegre: Sulina, 2005.

NIEDERMEYER, E. *Electroencephalography: basic, principles, clinical applications, and related fields*. Williams and Wilkins. Baltimore, USA, 1999.

PAIN, Sara. *Psicometria genética*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1997.

PALMIERI, Thomas; GAUTHIER, Isabel. Visual Object Understanding. *REVIEW – Nature Reviews Neuroscience*, v. 5, p. 291-303, 2004. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science?> Acesso em: mar. 2005.

PETERS, Otto. *Didática do Ensino a distância*. São Leopoldo: UNISINOS, 2001.

PIAGET, Jean. *A Representação do espaço na criança*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

PIAGET, Jean; INHELDER, Bärbel. *Da lógica da criança à lógica do adolescente*. São Paulo: Pioneira, 1993.

PIAGET, Jean et al. *Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

PIAGET, Jean.; FRAISSE, Paul. *Traité de psychologie expérimentale*. Tratado de Psicologia Experimental. Rio de Janeiro: [s.ed.], 1996. Tradução de Eduardo Bezerra de Menezes.

PINKER, Steven. *A tabula rasa*. [s.l.]: Cia das Letras, 2004.

PINKER, Steven. *Como a mente funciona*. [s.l.]: Cia das Letras, 2000.

PINKER, Steven. *O instinto da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

POLIT, D. F.; HUNGLER, B. P. *Nursing research: principles and methods*. 3ed. Philadelphia: J. B. Lippincott, 1987.

PREECE, Jennifer et al. *Design da interação: além da interação homem-computador*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

RAPAPORT, J. William. *Encyclopedie of computing science*. 4.ed. Nature Publishing, 2000.

RECHTSCHAFFEN, A., Kales, A. (Eds.) *A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects*. Washington D.C., USA: U.S. Public Health Service; U.S. Government Printing Office, 1968.

ROTH, Ilona; VICKI, Bruce. *Perception and Representation: current issues/ parts I and II*. Philadelphia: Open University Press, 2000.

SAMPIERI, R. et al. Metodologia de la investigación. México: Mcgraw-Hill, 1991.

STEIN, A. Von et al. *Synchronization between temporal and parietal cortex during multimodal object processing in man*. Cerebral Cortex, Oxford University Press, v. 9, n. 2, p. 137-150, mar. 1999. Disponível em: <<http://cercor.oupjournals.org/cgi/content/full/0/2/137>> Acesso em: jul. 2005.

TAROUCO, L. el al. *Alfabetização visual para a produção de objetos educacionais*. Revista Novas Tecnologias para a Educação. RENOTE. CINTED – UFRGS. Set. 2003. Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/renote/set2003/artigos/artigo_anita.pdf> Acesso em: dez. 2004

TEIXEIRA, João Fernandes. *Mente, cérebro e cognição*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000.

THAGARD, Paul. *Mente: introdução à ciência cognitiva*. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

VALENTE, J. A.(org.). *Computadores e conhecimento: repensando a educação*. Campinas, SP: Gráfica Central da UNICAMP, 1993.

VALENTE, J. A. *O computador na sociedade do conhecimento*. Campinas, SP: Unicamp NIEED, 1999.

WIKIPEDIA. *Transformada de Fourier*. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform> e <<http://www.fftw.org/links.html>> Acesso em: jul. 2005.

WOLBERG et al. *Contralateral coding of imagined body parts in the superior parietal lobe*. Germany: [s.l.]: [s.ed.] 2003.

APÊNDICES

**APÊNDICE A - PROCESSO ENCAMINHAMENTO PESQUISA –
HOSPITAL DE CLÍNICAS**

**APÊNDICE A1 - PESQUISA HOSPITAL DE CLÍNICAS
(PROTOCOLO NÚMERO 04439)**

PROJETO

A produção de conhecimentos no Hospital de Clínicas é integralmente acompanhada pelo Comitê de Ética em Pesquisa, credenciado junto à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Ministério da Saúde e ao Office for Human Research Protection (OHRP) dos Estados Unidos. O Comitê - que foi o primeiro do gênero cadastrado no Brasil - avalia os projetos de pesquisa inscritos no GPPG e acompanha-os em todas as suas fases, a fim de assegurar que sejam desenvolvidos com total respeito aos preceitos éticos. A Pesquisa intitulada **MODELAGEM DE UM JOGO/TESTE (JCP) PARA DETECÇÃO DE PERCEPÇÃO E REPRESENTAÇÃO HUMANAS ATRAVÉS DE UM AMBIENTE DIGITAL UTILIZANDO ANÁLISE ELETROENCÉFALOGRÁFICA**¹³⁶ foi aprovada por este Comitê.

Autores: Susane Lopes Garrido

Patrícia Alejandra Behar

Suzana Schonwald

Waldemar Paim Neto

Henrique Oliveira

Local de Origem: PGIE – Programa de Doutorado em Informática na Educação UFRGS

Local de Realização: HCPA – NEUROLOGIA – Serviço de Eletroencefalografia

Introdução: O presente projeto faz parte de uma tese de doutorado que desenvolve um estudo sobre a compreensão¹³⁷ das funções cognitivas humanas no acoplamento tecnológico e pretende analisar a criação de uma modelagem/metodologia denominada Jogo/Teste cognitivo

para detecção de aspectos da percepção e representação humanos através de um ambiente digital, incluindo análise via *EEG*.

A Pesquisa (Tese) compõe-se de quatro estágios: construção teórica para fundamentação da modelagem – construção efetiva da modelagem digital (protótipo) – imersão dos sujeitos no ambiente digital e medição via *EEG* – análise do processo.

Atualmente a pesquisa encontra-se no terceiro estágio - [imersão dos sujeitos no ambiente digital e medição via EEG](#) - e é para a execução deste, a confecção do presente projeto.

Por se tratar de uma Pesquisa de Doutorado, foi submetida a um processo de Qualificação (Defesa do Projeto), no qual, foi sugerido a continuidade do processo, com o envolvimento do uso do *EEG* nas observações e medições de frequências e ritmos dos sujeitos (amostra) durante imersão no jogo-teste criado para a modelagem. A banca examinadora foi composta de quatro professores pertencentes às áreas de Educação – Dra. Valdemarina Bidone de Azevedo e Souza (PUCRS), de Psicologia – Dra. Clecí Maraschin (UFRGS), de Neurociências – Dr. Ivan Izquierdo (UFRGS-PUCRS).

Briefing

A criação de uma modelagem para detecção cognitiva (percepção e representação) em ambientes digitais, aporta-se na lógica cognitivista que defende a existência de estados e processos mentais intervenientes entre *input* (estímulos) e *output* (respostas) ou a existência daquilo que *Piaget e Fraisse (1996)* chamam de *ações intelectuais* (não-reflexas)¹³⁸, os quais se processam durante exposição humana em atividades cognitivas, e no caso em especial, atividades cognitivas monitorizadas por tecnologia digital.

Do ponto de vista neurocientífico, as atividades cognitivas ou ações intelectuais processam-se no cérebro, através de funções cognitivas como a percepção, a representação e a memória que sofrem modificações¹³⁹ dependendo das interações realizadas entre os indivíduos e o meio. Dessa forma, a interação com um ambiente digital, potencializa

modificações no indivíduo que podem vir a ser visualizadas através das alterações nas frequências e ritmos neuronais (via EEG) emitidos pelo cérebro enquanto em atividade cognitiva monitorizada por tecnologia digital.

Segundo Costa (1994) o registro de sinais elétricos no escalpo (EEG) indicam que a atividade elétrica no cérebro ocorre continuamente, e que a intensidade e o ritmo destes sinais dependem do nível global de excitação do cérebro. Ao contrário de outros sinais bioelétricos como o eletrocardiograma (*ECG*), o registro eletroencefalográfico é caracterizado por uma aparente irregularidade.

Objetivos: O Projeto propõe-se a investigar, através de observações e mensurações de ritmos e frequências neurais, as performances dos indivíduos no ambiente digital proposto pelo estudo de tese.

Como objetivos específicos pretende também:

- 1) Verificar se os sinais de frequência captados pelo teste com *EEG* possuem significância na inferência de ampliação do espectro percepção/representação dos sujeitos durante performance no ambiente digital?
- 2) Criar um protocolo de análise e interpretação cognitiva via EEG;
- 3) Analisar a eficiência (coerente com os pressupostos teóricos) no uso do JCP (Jogo-Teste) para detecção de percepção/representação em seres humanos?
- 4) Avaliar se as relações teóricas estabelecidas na pesquisa para a percepção/representação utilizando-se a neurociência cognitiva e a informática na educação são pertinentes?

Como **Indicadores** para a detecção:

- e) a execução das tarefas cognitivas contidas no *JCP pelos sujeitos da amostra*;
- f) a utilização do protocolo de análise e interpretação cognitiva via EEG;

- g) a detecção dos valores (matemáticos) de cada sujeito para as variáveis (P)- padrão de percepção e de representação e (PR) - variação de percepção e representação acoplados aos testes de EEG;
- h) a detecção (e suas alterações, caso ocorram) das frequências e ritmos neuronais emitidos (por cada sujeito da amostra) durante execução de tarefa cognitiva;
- i) a visualização gráfica do processo perceptivo-representativo de cada sujeito

Método: A metodologia do Projeto engloba um jogo digital e um sistema digital para coleta e mensuração dos dados acoplado ao *eletroencefalograma* (EEG) para detecção dos sinais de frequência cerebral emitidos pelo indivíduo durante performance nos jogos.

O processo consiste em submeter o indivíduo da amostra (em vigília) a um jogo digital e concomitante ao EEG durante atividade cognitiva inclusa no jogo. O objetivo é promover tentativas mentais de resolução das tarefas propostas no jogo e assim verificar aspectos de sua percepção e representação (via análise cognitiva), através das alterações de ritmos e frequências sofridas via EEG.

Pretende-se portanto, realizar uma análise da composição espectral (antes e durante) as condições de teste processadas por diferentes picos e potência espectral nas bandas clássicas de EEG (alfa, beta, teta, delta 1 e delta 2).

Com o traçado individual das performances extraídos do EEG e com o auxílio do referencial teórico em que a pesquisa está aportada pretende-se criar um protocolo de informação dos dados a fim de se obter uma resposta que possa ser considerada cognitiva. Com os dados desse protocolo de informações pretende-se analisar e interpretar as alterações de frequência e ritmos e correlacioná-las às decisões cognitivas tomadas pelos indivíduos durante o jogo.

Acompanhamento do processo: ver modelo de ficha em folha anexa*

a) Protocolo de aquisição de EEG

Aquisição de dados com taxa de amostragem de 256 Hz

Filtro Rejeitor (Notch) : 60 Hz

Filtro Passa-baixa: 0,5 Hz

*Montagem específica de cada aparelho para cada aquisição

#mono ou bipolar -

#Número de eletrodos e disposição -(por serem configuráveis será analisado primeiramente como está o EEG do Hospital);

#Disposição (regiões nos lobos de interesse) e número de eletrodos: em um primeiro momento serão analisados todos os lobos cerebrais representando uma montagem geodésica.

A faixa de interesse é de 0,5 Hz até 30 (ou 120 Hz) com filtros (rejeitor ou *notch*) devido à interferência em 60Hz (normalmente elétrica).

Filtros:

filtro passa-alta de 0,5 Hz
 filtro passa-baixa de 120 Hz

filtro rejeitor de 60 Hz (opcional - dependendo de se ter no aparelho este número)

filtro passa-baixa de 70 Hz

Serão executadas 4 sessões de aquisição por cada sujeito, cada uma delas com duração média de 40 minutos. Em cada sessão serão realizados 4 sequências de tarefas cognitivas visuais apresentadas em computador. A sincronização de eventos para o EEG e para o Sistema do Jogo Cognitivo

utilizará referência comum de cronógrafos ajustados ao início de cada sessão.

b) Amostra: Para composição da amostragem¹⁴⁰ que validará este estudo considerou-se uma população¹⁴¹ acadêmica com características pertinentes ao estudo. Sendo o foco da pesquisa, a atividade cognitiva em interação com um ambiente digital, a amostra pensada é a de sujeitos pertencentes a um mesmo grupo intelectual, no caso acadêmicos, que não possuam demasiado conhecimento na área digital para não haver expectativas ou pré-conhecimentos (declarados) quanto aos efeitos promovidos no ambiente digital e que não tenham histórico de doenças neurológicas. A amostra restringe-se a 20¹⁴² alunos de cursos correlatos às áreas do estudo, Medicina ou Psicologia.

O número de 20 participantes parece condizente à média de sujeitos participantes em pesquisas que envolvem experimentos neurocientíficos e tecnológicos segundo alguns referidos no estudo da tese.

c) Condições necessárias (à amostra) para o teste¹⁴³: As mesmas condições necessárias para um EEG em vigília: Trazer o nome de todos os medicamentos em uso. Não suspender a medicação anticonvulsivante. Alimentação normal (não é necessário jejum). Cabelos e couro cabeludo lavados e secos. Não usar gel, óleo ou fixadores.

A outra condição, refere-se ao indivíduo ter disponibilidade para participar da pesquisa nos dias pré-estipulados pelo grupo e pela equipe do Hospital responsável pelo EEG.

d) Aspectos éticos para a testagem junto à amostra: Os indivíduos (em amostra) serão convidados a integrarem o grupo de pesquisa e avisados das condições e dos objetivos do teste da pesquisa. Cada indivíduo (sujeito) assinará um termo de concordância com as condições e uso das testagens.

e) Recursos necessários:

e1) Sala/laboratório contendo um Equipamento de EEG;

- e2) Computador com o sistema do jogo instalado¹⁴⁴;
- e3) Uma mesa de madeira para apoiar o *notebook* com o jogo instalado;
- e4) Uma cadeira de madeira (sem ferro) para o indivíduo jogar;

Obs.: Haverá o acompanhamento simultâneo da autora da pesquisa, de um médico psiquiatra¹⁴⁵ e de uma médica neurologista¹⁴⁶ além da técnica de EEG para interpretação dos sinais do EEG

Cronograma:

Local: Hospital de Clínicas

Novembro (2004) à Março (2005)

- Testagem do JCP junto à amostra (execução do jogo)
- Traçado da performance (individual) dos sujeitos
- Construção dos gráficos de análise
- Extração de sinais com o EEG

Março à junho (2005):

- Análise e Interpretação dos dados através dos conceitos pesquisados teoricamente
- Correlação entre as variáveis físicas do protótipo e as variáveis cognitivas (de percepção e representação) inferidas pelo estudo
- Interpretação e análise de significância dos sinais de frequência de EEG

**APÊNDICE A2 - CARTA REFERENTE AOS COMENTÁRIOS E
SUGESTÕES DO PROJETO 04439**

1.2.CARTA REFERENTE AOS COMENTÁRIOS E SUGESTÕES DO PROJETO 04439

TÍTULO: MODELAGEM DE UM JOGO/TESTE (JCP) PARA DETECÇÃO DE PERCEPÇÃO E REPRESENTAÇÃO HUMANAS ATRAVÉS DE UM AMBIENTE DIGITAL UTILIZANDO ANÁLISE ELETROENCÉFALOGRÁFICA¹⁴⁷

Sobre a Amostra

- 1) O Projeto, no que se refere a possíveis medições cognitivas via ambiente digital por meio da eletroencefalografia, é em si, uma experimentação um tanto quanto inovadora, tanto na área das neurociências como na área da computação. Portanto a definição de 20 participantes para a amostra refere-se, em um primeiro momento, à realização de um piloto para potencialização de uma referência mais prática quanto a um número que seja realmente significativo;
- 2) Na literatura consultada, como por exemplo, as pesquisas de *Von Stein*¹⁴⁸ (1999) sobre “Sincronização entre o córtex temporal e o parietal durante processamento multimodal de objetos no homem”, *Peter Hagoort*¹⁴⁹ (2004) “Integração do significado da palavra e do conhecimento de mundo na compreensão da linguagem” e *Palmeri & Gauthier*¹⁵⁰ (2004), “Compreensão visual de objetos”, realmente a média de sujeitos pesquisados como amostra varia entre 25 e 30 sujeitos, uma vez que estes trabalhos são de natureza de “descoberta e não de comprovação”;
- 3) Pretende-se após este piloto, trabalhar-se com uma amostra de estatística significativa, mas no momento, não há parâmetros comprováveis para tal.

Sobre Avaliação dos dados

- 1) A Pesquisa, por ser originalmente (na tese em questão) de natureza interdisciplinar validará a análise dos dados a partir das relações entre as diferentes interpretações das áreas envolvidas (neurologia - psiquiatria - física - química - informática - educação);
- 2) Dos pontos de vista da informática, educação e neurociência, inferiu-se em defesa pública da tese em questão (em set/2004 no PGIE-UFRGS) que a percepção humana poderia ser representada (enquanto atividade cognitiva) pela mudança das decisões dos indivíduos durante ações intelectuais¹⁵¹; desta forma, no experimento, as mudanças de decisões estarão contempladas nas ações dos indivíduos durante o jogo digital; como dados, o EEG fornecerá os sinais emitidos pelo cérebro em processo de jogo e a equipe os decodificará conforme referenciais cognitivos para a percepção humana (diante da interdisciplinaridade já citada, envolvendo as demais áreas do estudo);
- 3) Pretende-se realizar uma análise da composição espectral (antes e durante) as condições de teste processadas por diferentes picos e potência espectral nas bandas clássicas de EEG (*alfa, beta, teta, delta 1 e delta 2*), por serem essas, suposições teóricas (pontos de partida) de relevância de traço para análise cognitiva de percepção;
- 4) Com o traçado individual das performances extraídos do EEG e com o auxílio do referencial teórico em que a pesquisa está aportada pretende-se criar um protocolo de informação dos dados a fim de se obter uma resposta que possa ser considerada cognitiva (porque é isso que se quer realmente validar);
- 5) No momento, para melhor análise e interpretação dos dados cognitivos do experimento, pretende-se acrescentar a análise via *Potencial evocado*, já com o consentimento e participação na Pesquisa, dos médicos pesquisadores da área, **Dr. Jefferson Becker (HCPA) e Dr. Irenio Gomes (HCPA)**;

Sobre o orçamento

- 1) Foi retirada do Projeto, a participação de um Técnico de Apoio para a realização dos testes de EEG, uma vez que a equipe, por ter autorização para tal, compromete-se a realizá-los;
- 2) Os testes de EEG não ocorrerão em horário de exames do Serviço de Eletroencefalografia do Hospital.

Porto Alegre, 21 de dezembro de 2004

Patrícia Alejandra Behar

Susane Garrido

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

SUSANE MARTINS LOPES GARRIDO

MODELAGEM DE OBSERVAÇÃO COGNITIVA EM AMBIENTE DIGITAL
ACOMPANHADA POR IMPRESSÕES ELETROFISIOLÓGICAS

Porto Alegre

2005