**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE PSICOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA**

**Avaliação dos Efeitos do Treinamento em
Neurofeedback sobre o Desempenho
Cognitivo de Adultos Universitários**

Fabio Appolinário

**São Paulo
2001**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE PSICOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

**Avaliação dos Efeitos do Treinamento em
Neurofeedback sobre o Desempenho
Cognitivo de Adultos Universitários**

Tese apresentada ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Doutor em Psicologia, área de concentração Psicologia Escolar e do Desenvolvimento Humano.

Candidato: Fabio Appolinário
Orientador: Prof. Dr. Adail Victorino Castilho

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Adail Victorino Castilho	_____
Prof ^a . Dr ^a . Eda Marconi Custódio	_____
Prof ^a . Dr ^a . Maria Isabel da Silva Leme	_____
Prof. Dr. Pedro Puech Leão	_____
Prof ^a . Dr ^a . Vera Socci	_____

São Paulo
2001

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que contribuíram para a consecução deste trabalho, especialmente:

À minha esposa Lilian, pelo apoio e disponibilidade incondicional;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Adail V. Castilho, pela paciência e, sobretudo por ter-me permitido exercer minhas escolhas;

Ao amigos Hélio Nakamura (Helinho), pela ajuda de longa data, e Rogério Henrique Correa, por ter servido de “cobaia” na gravação dos procedimentos experimentais;

À Tania Guerra, amiga de todas as horas, que acredita e confia no meu trabalho mais do que eu mesmo;

Aos Prof. Dr. Pedro Puech Leão e Profa. Dra. Maria Isabel da Silva Leme, pelas valiosas orientações e críticas construtivas por ocasião da qualificação;

Aos colegas da FECAP, especialmente o sr. Roberto de Santi e os professores Rosemari Faga Viegas, Carlos Eduardo Mariano da Silva, Aldy Fernandes da Silva, João Augusto de Moura, Marislei Nishijima, Alexandre Sartoris Neto e Ideli Di Tizio pelas opiniões e auxílios nas horas mais necessárias;

Aos colegas da UMC, especialmente à Profa. Geraldina Porto Witter, por compartilhar comigo irrestritamente o seu conhecimento e sabedoria no período em que trabalhamos juntos;

Aos amigos sempre presentes Frank, Fabíola, Gildo, Cristina e Nívea;

À Fundação Álvares Penteado (FECAP), que, na pessoa de seu diretor, Prof. Manuel José Nunes Pinto, secretária-geral, Profa. Marizilda de Almeida Crusco, e coordenadores Profa. Myriam da Costa Hoss, Prof. Jaime de Souza Oliveira e Prof. Alexandre Sanches Garcia, com presteza proporcionaram os

recursos materiais e logísticos necessários à realização deste trabalho, sem os quais o mesmo não poderia ter sido concretizado;

À Universidade de Mogi das Cruzes, especialmente à Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, dirigida pelo Prof. Dr. Jair Ribeiro Chagas, que, através do Programa de Apoio à Qualificação Docente, subsidiou parte deste trabalho;

Ao LITEP – Laboratório Interdepartamental de Técnicas de Exame Psicológico (IP-USP) que, por meio da Profa. Dra. Iraí Cristina Boccatto Alves, forneceu-me o auxílio técnico necessário à montagem da bateria de testes utilizados neste trabalho;

Aos professores do Departamento de Psicologia da Aprendizagem, do Desenvolvimento e da Personalidade (IP-USP), que ao longo de todos esses anos de mestrado e doutorado me incentivaram e auxiliaram, particularmente os Profs. Doutores José Fernando Bittencourt Lomônaco, Eda Marconi Custódio, Walkiria Duarte e Yves de la Taille;

E, finalmente, aos participantes da pesquisa, que, ao longo de dois meses, pacientemente me auxiliaram a desenvolver esse trabalho.

**Para as quatro pessoas mais importantes da minha vida:
Arlete, Juliana, Lucas**

e Lilian:

***I will love you forever... and a day.
(Keats)***

FICHA CATALOGRÁFICA

Appolinário, F.

Avaliação dos efeitos do treinamento em neurofeedback sobre o desempenho cognitivo de adultos universitários / Fabio Appolinário. São Paulo. s.n., 2001. xiv, 122p.

Tese (doutorado) – Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. Departamento de Psicologia da Aprendizagem, do Desenvolvimento Humano e da Personalidade.

Orientador: Prof. Dr. Adail Victorino Castilho

1. Biofeedback 2. Neurofeedback 3. Aptidão Cognitiva
4. Neuropsicologia 5. Universitários I. Título

SUMÁRIO

Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas.....	x
Índice de Anexos.....	xi
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
Résumé.....	xiv
I – Introdução.....	01
1.1 – Biofeedback: Conceitos e Definições.....	01
1.2 – Tipos e Aplicações de Biofeedback.....	03
1.3 – Neurofeedback e EEG Quantitativo: Histórico e Desenvolvimento.....	06
1.4 – Aspectos Neurofisiológicos do Neurofeedback.....	11
1.4.1 – A Gênese das Ondas Cerebrais.....	11
1.4.2 – A Atividade Elétrica e as Macroestruturas Cerebrais.....	16
1.4.3 – O Registro das Ondas Cerebrais.....	22
1.4.4 – As Ondas Cerebrais.....	25
1.4.4.1 – Frequência.....	25
1.4.4.2 – Amplitude.....	27
1.4.4.3 – Morfologia.....	28
1.4.4.4 – Simetria.....	29
1.5 – Instrumentos de Neurofeedback.....	29
1.5.1 – Protocolos de Treinamento.....	31

1.6 – Neurofeedback e as Funções Cognitivas.....	39
1.6.1 – Atenção: Conceito e Definição.....	42
1.6.2 – Atenção e Processamento da Informação.....	43
1.6.3 – Conceituação Recente Acerca da Atenção.....	45
1.6.4 – Aspectos Eletrofisiológicos Básicos da Atenção.....	47
1.6.5 – Memória.....	49
1.6.6 – Desempenho Cognitivo Geral.....	55
II – Justificativa.....	60
III – Objetivos e Hipóteses.....	62
3.1 – Objetivos.....	62
3.2 – Hipóteses.....	62
IV – Método.....	64
4.1 – Sujeitos.....	64
4.2 – Material.....	66
4.3 – Procedimento.....	67
4.3.1 – Teste D2 de Atenção Concentrada.....	68
4.3.2 – Teste Fator M – Bateria Fatorial CEPA.....	69
4.3.3 – Teste V-47 de Raciocínio Verbal.....	70
4.3.4 – Matrizes Progressivas de Raven – E.A.	71
4.3.5 – Procedimentos Experimentais e Pós-Teste...	72
4.4 – Considerações Éticas.....	77
V – Resultados.....	79
5.1 – Considerações Gerais.....	79
5.2 – Comparações Pré/Pós-Teste – Grupo Experimental..	82

5.2.1 – Atenção.....	82
5.2.2 – Memória.....	83
5.2.3 – Inteligência.....	83
5.2.4 – Variação Geral dos Indicadores no Pré e no Pós-Teste.....	84
5.3 – Comparações Grupo Experimental x Grupo Controle..	85
5.3.1 – Atenção.....	85
5.3.2 – Memória.....	86
5.3.3 – Inteligência.....	87
5.4 – Correlações.....	87
5.5 – Dados Qualitativos.....	88
VI – Discussão e Conclusões.....	91
VII – Referências.....	97
VIII – Anexos.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Diagrama Esquemático de um Neurônio.....	11
Figura 1.2 – Esquema de Comunicação entre os Neurônios.....	13
Figura 1.3 – Esquema de uma Sinapse Neuronal.....	15
Figura 1.4 – Esquema das Macroestruturas Cerebrais.....	17
Figura 1.5 – Esquema da Comunicação Tálamo-Córtex.....	19
Figura 1.6 – Os Lobos e Fissuras Cerebrais.....	21
Figura 1.7 – Eletroencefalograma de um Adulto Normal.....	23
Figura 1.8 – Sistema Internacional 10–20 de Colocação de Eletrodos..	24
Figura 1.9 – Montagens Mopopolar e Bipolar dos Eletrodos.....	33
Figura 1.10 – As Diferentes Formas de Atenção Segundo o MBA.....	47
Figura 1.11 – Esquema Geral da Memória de Longo Prazo (MLP).....	53
Figura 1.12 – Diagrama da Relação Memória / Substrato Cerebral.....	54
Figura 4.1 – Exemplo de Tela de Treinamento em Neurofeedback.....	75

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Resumo Geral das Aplicações Clínicas do Biofeedback.....	06
Tabela 1.2 – Quadro Demonstrativo das Frequências Cerebrais.....	26
Tabela 1.3 – Alguns Exemplos de Protocolos Experimentais.....	38
Tabela 4.1 – Idade e Gênero – Grupo Experimental.....	64
Tabela 4.2 – Idade e Gênero – Grupo Controle.....	65
Tabela 4.3 – Idade e Gênero – Sujeitos Participantes (GE/GC).....	65
Tabela 4.4 – Correspondência entre os Elementos Quantitativos do Teste D2 e as Variáveis Analisadas.....	69
Tabela 5.1 – Resultados Brutos.....	80
Tabela 5.2 – Percentuais de Variação Pré/Pós-Teste por Sujeito.....	81
Tabela 5.3 – Médias do Teste D2 (Atenção Concentrada).....	82
Tabela 5.4 – Médias do Teste Fator M (Memória).....	83
Tabela 5.5 – Médias do Testes Fator G (MPR-Escala Avançada e V-47)..	84
Tabela 5.6 – Percentuais de Variação Pré/Pós-Teste (Geral).....	84
Tabela 5.7 – Variação das Médias Pré/Pós-Teste no Teste D2 (Atenção Concentrada) –GE/GC.....	86
Tabela 5.8 – Variação das Médias Pré/Pós-Teste no Teste Fator M (Memória) – GE/GC.....	86
Tabela 5.9 – Variação das Médias Pré/Pós-Teste nos Testes Fator G (MPR-Escala Avançada e V-47) – GE/GC.....	87

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I – Questionário de Identificação.....	113
Anexo II – Consentimento Informado.....	115
Anexo III – Questionário de Avaliação.....	118
Anexo IV – Exemplo de Formulário de Registro de Sessão.....	120
Anexo V – Fotos (fictícias) da Situação Experimental.....	121

APPOLINÁRIO, F. **Avaliação dos efeitos do treinamento em neurofeedback sobre o desempenho cognitivo de adultos universitários.** São Paulo, 2001. 122p. Tese (Doutorado). Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

RESUMO

O neurofeedback é um processo psicofisiológico de aprendizagem por meio do qual o indivíduo obtém controle sobre a frequência de suas ondas cerebrais. Este estudo objetivou avaliar o efeito do treinamento do ritmo beta inferior (12-15Hz) sobre o córtex sensoriomotor e a concomitante inibição do ritmo teta (4-8Hz) na mesma área, sobre o desempenho atencional, mnemônico e cognitivo de adultos normais de nível universitário. Formou-se um grupo experimental e um grupo controle com 11 sujeitos cada, com idade média de 25,7 anos, estudantes de uma instituição de ensino superior particular em São Paulo. Todos os sujeitos foram submetidos a pré e pós-testes de inteligência não-verbal (Matrizes Progressivas de Raven – Escala Avançada), verbal (V-47), atenção (D2) e memória (Fator M – Bateria Cepa). O experimento, que durou dois meses, submeteu os sujeitos experimentais a 36 sessões (em média) de treinamento em neurofeedback, com a duração de 15 minutos cada e frequência de três vezes por semana. Os resultados indicaram uma melhora significativa nos processos atencionais, mnemônicos (icônicos) e educativos (inteligência não-verbal). Não foram obtidas melhoras significantes nos processos mnemônicos (ecóicos) e reprodutivos (inteligência verbal). A comparação do grupo experimental com o grupo controle indicou a não relevância do efeito aprendizagem (teste-reteste) nas tarefas utilizadas para a avaliação dos sujeitos.

APPOLINÁRIO, F. **Evaluation of neurofeedback training on cognitive performance of college students.** São Paulo, 2001. 122p. Doctoral Dissertation. Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

ABSTRACT

Neurofeedback is a psychophysiological process where visual stimuli and sounds are employed to reinforce voluntary control over EEG patterns. This study evaluated the effect of low beta (12–15Hz) increase and theta (4–8Hz) inhibit training over sensorimotor cortex on attention, memory and cognitive performance of young adults college students. Experimental and control groups were formed by 11 volunteers subjects each, aging 25,7 years on average. All subjects were submitted to pre and post evaluations of non-verbal (Raven's Advanced Progressive Matrices) and verbal intelligence (V-47 test), attention (D2 test) and memory (Fator M - Bateria Cepa). The experiment was conducted along two months, subjects having an average of 36 sessions (15 minutes each), three times a week. Results provide strong evidences of significant improvement on attention, visual memory and non-verbal intelligence (eduction). However, it could not be found evidence of significant improvement on auditory memory or verbal intelligence (reproduction). The experimental and control comparision did not indicate test-retest effects on the experiment.

RÉSUMÉ

Le neurofeedback est une stratégie d'apprentissage par laquelle l'individu peut modifier ses ondes cérébrales: il consiste à l'entraîner à produire une configuration spécifique de son EEG. Le but de cette recherche était d'évaluer les effets de l'entraînement des ondes bêta inférieures (12-15Hz) sur le cortex sensori-moteur et l'inhibition concomitante du rythme thêta (4-8Hz) sur la même région, et ses résultats sur l'attention, mémoire et l'accomplissement cognitif des adultes sains, étudiants à l'université. Il a constitué un groupe expérimental et un groupe contrôle, chacun avec 11 sujets, l'âge de 25,7 en moyenne, tous étudiants d'une faculté privée de São Paulo. Les sujets ont été soumis aux tests d'intelligence verbal (Les Matrices de Raven – Échelle Avancée), verbal (V-47 test), attention (D2 test) et mémoire (Fator M – Bateria Cepa). L'expérience, qui a duré deux mois, a eu 36 séances (en moyenne) d'entraînement en neurofeedback, avec la durée de 15 minutes chacune, trois fois par semaine. Les résultats obtenus ont indiqué un progrès significatif de l'attention, de la mémoire (visuelle) et de l'intelligence (non verbale). Il n'y a pas d'évidences, cependant, qui indiquent une amélioration des processus mnémoniques auditifs et reproductifs (intelligence verbale). La comparaison des deux groupes n'indique pas d'effets d'apprentissage pour les tâches d'évaluation des sujets.

I – Introdução

1.1 – Biofeedback: Conceitos e Definições

O termo *feedback* foi inicialmente cunhado pelo matemático norte-americano Norbert Wiener, por volta dos anos 40 do século XX, e, no contexto da recém criada cibernética, também desenvolvida por ele (MILLAR et al., 1996), foi definido como “um método para controlar os sistemas reinserindo os resultados dos seus desempenhos passados” (BIRK, 1973, p. 3 apud OLSON, 1995)¹. Pela convergência de diversas disciplinas tais como a própria cibernética, a teoria da aprendizagem, a psicofisiologia, a medicina comportamental e a engenharia biomédica, surge nos anos 50 a idéia do biofeedback².

Esta idéia, que basicamente poderia ser resumida simplesmente como um aumento na *propriocepção*, acompanhada do aprendizado do auto-controle fisiológico, ou seja, um processo através do qual um indivíduo passa a receber informação acerca dos seus processos fisiológicos internos e, a partir dessa informação, aprender a controlar

¹ BIRK, L. (Ed.). (1973). *Biofeedback: Behavioral medicine*. New York: Grune & Stratton.

² Embora tanto o termo *feedback* quanto a palavra *biofeedback* possuam tradução para o português (retroalimentação e bio-retroalimentação, respectivamente), essas últimas não são costumeiramente

² Embora tanto o termo *feedback* quanto a palavra *biofeedback* possuam tradução para o português (retroalimentação e bio-retroalimentação, respectivamente), essas últimas não são costumeiramente utilizadas nos meios científico e profissional em nosso país.

esses mesmos processos – reside nos próprios princípios básicos da cibernética. Por exemplo, um princípio fundamental afirma que “uma variável não pode ser controlada a não ser que as informações acerca dessa variável estejam disponíveis ao controlador. Essas informações são chamadas de feedback” (SCHWARTZ, 1995a, p. 11). O outro princípio fundamental assevera que esse feedback possibilita a aprendizagem por parte do organismo.

Segundo a Teoria da Aprendizagem, uma das formas de feedback é o condicionamento operante. Quando a informação retro-alimentada reforça positiva ou negativamente determinado comportamento dizemos que ocorre o aprendizado desse comportamento (CATANIA, 1999).

Muito embora o conceito central de biofeedback envolva basicamente as idéias discutidas anteriormente, há diversas definições acerca do termo. Para OLSON (1995), essas definições poderiam ser agrupadas em duas grandes categorias: as processuais e as teleológicas. As primeiras referem-se ao processo de biofeedback propriamente dito, como por exemplo em SCHWARTZ & BEATTY (1977 apud OLSON, 1995)³: “o termo refere-se a um conjunto de procedimentos experimentais nos quais um sensor externo é utilizado para prover o organismo de informações acerca de seu estado fisiológico, normalmente numa tentativa de realizar uma modificação

³ SCHWARTZ, G. E. & BEATTY, J. (1977). *Biofeedback: Theory and research*. New York: Academic Press.

nesse mesmo estado” (p. 27). As segundas enfatizam a finalidade do biofeedback, como em RAY et al., (1979 apud OLSON, 1995)⁴: “o objetivo principal do biofeedback é o de proporcionar a aquisição do auto-controle dos processos psicofisiológicos” (p. 27) ou em GREEN & GREEN (1977): “o treinamento em biofeedback é uma ferramenta para o aprendizado da auto-regulação psicossomática” (p. 4).

Mais modernamente, temos que o termo *biofeedback* refere-se a um processo através do qual o indivíduo aprende a ter acesso aos seus mecanismos de auto-regulação psicofisiológicos (ASSOCIATION FOR APPLIED PSYCHOPHYSIOLOGY AND BIOFEEDBACK, 2001). O assim chamado “treinamento em biofeedback” envolve inicialmente a existência de um aparelho eletrônico, destinado a medir um processo fisiológico específico, como por exemplo, a atividade elétrica do sistema músculo-esquelético. Assim, o aparelho de biofeedback é conectado ao músculo através de sensores colocados sobre a pele que amplificam as respostas fisiológicas convertendo-as em informações significativas como um som ou um estímulo visual (através de luzes ou de uma tela de computador, por exemplo).

Esta informação é então utilizada pelo indivíduo como um parâmetro ou guia enquanto pratica uma variedade de procedimentos visando objetivos específicos, como por exemplo o relaxamento.

⁴ RAY, W. J., RACZYNSKI, J. M., ROGERS, T., & KIMBALL, W. H. (1979). *Evaluation of clinical biofeedback*. New York: Plenum Press.

1.2 - Tipos e Aplicações de Biofeedback

Existem diversos tipos de biofeedback:

Biofeedback de Tensão Muscular

Também conhecido como biofeedback eletromiográfico ou EMG, mensura a atividade elétrica dos músculos esqueléticos através de sensores colocados sobre a pele. Muito utilizado para o treinamento de relaxamento em geral, cefaléias de tensão (SCHWARTZ, 1995), bruxismo, dor crônica, arritmias cardíacas, (MARCER, 1986), problemas da articulação têmporo-mandibular, reabilitação neuropsicológica (CHERNIGOVSKAYA, 1984; MYERHOF, 1978), e manejo do stress (SCHWARTZ & SCHWARTZ, 1995).

Biofeedback Termal

Mensura o fluxo sangüíneo na pele. Quando os pequenos vasos da pele se dilatam, o fluxo sangüíneo e a temperatura aumentam, e quando esses vasos se contraem, o fluxo sangüíneo e a temperatura diminuem. Os vasos dos dedos são particularmente sensíveis ao stress

(vasoconstricção) e relaxamento (vasodilatação). Dessa maneira o biofeedback de temperatura dos dedos é uma ferramenta útil no treinamento de relaxamento. O biofeedback de fluxo sanguíneo é também usado no tratamento dos distúrbios vasculares específicos, incluindo enxaqueca (SCHWARTZ, 1995), doença de Raynaud (SCHWARTZ & KELLY, 1995), hipertensão essencial (McGRADY, OLSON & KROON, 1995), complicações vasculares em função de outras doenças como a diabetes (McGRADY & BAILEY, 1995), etc.

Biofeedback de Reação Eletro-Dérmica

Os instrumentos de biofeedback de reação eletro-dérmica (RED) mensuram a condutividade da pele dos dedos e palmas das mãos. O RED é altamente sensível às emoções em algumas pessoas. O biofeedback RED tem sido usado no tratamento da sudorese excessiva (*hyperhydrosis*) e condições dermatológicas relacionadas, e para relaxamento e treinamento em dessensibilização sistemática, no contexto da terapia cognitivo-comportamental (GREEN & GREEN, 1977).

Biofeedback de Onda Cerebral

O eletroencefalógrafo (EEG) monitora a atividade das ondas cerebrais a partir de sensores colocados no couro-cabeludo. Clinicamente, técnicas de *Biofeedback* de EEG (também conhecido como *Neurofeedback*) têm sido utilizadas no tratamento da epilepsia (CHERNIGOVSKAYA, 1984; LUBAR, 1984), distúrbio do déficit da atenção acompanhado ou não de hiperatividade – DDA/DDAH (LUBAR, 1995; LUBAR & LUBAR, 1999), alcoolismo, dependências químicas e outros distúrbios devidos à drogadicção (PENISTON & KULKOSKY, 1990, 1999; TRUDEAU, 2000), traumatismo craniano (AYERS, 1999), distúrbios do sono, depressão mono e bipolar (BAEHR et al., 1999), acidente vascular cerebral (MARCER, 1986), distúrbio do pânico (ABARBANEL, 1995) e distúrbio do stress pós-traumático (PETERSON, 2000).

De acordo com levantamento bibliográfico atual, um resumo geral das aplicações clínicas das diversas modalidades de biofeedback pode ser observado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Resumo Geral das Aplicações Clínicas do Biofeedback⁵

Aplicações Consagradas	Aplicações em Estudo	Aplicações Controversas
Dores de cabeça devidas à tensão muscular	Insônia	Espasmos esofágiais
Enxaquecas	Epilepsia	DORT / LER
Doença de Raynaud	Asma	Hyperhydrosis
Incontinência Fecal	Bruxismo	Dismenorréia
Incontinência Urinária	Diabetes Mellitus	Distúrbios Visuais
Hipertensão Essencial	Fibromialgia	Algumas Doenças Dermatológicas
Enurese Noturna	Distúrbios Dissociativos	Escolioses Posturais
Dor Crônica	Acidente Vascular Cerebral	Menopausa
DDA / DDAH	Depressão Unipolar	Diversas formas de Câncer
Distúrbios de Ansiedade	Depressão Bipolar	Distúrbios Fonoaudiológicos
Traumatismos Cranianos	Alcoolismo e Drogadicção	---
Controle do Stress	Dor do Membro Fantasma	---
Síndrome do Stress Pós-Traumático	---	---

⁵ Parcialmente adaptado de EVANS & ABARBANEL, 1999; OTHMER, OTHMER & KAISER, 1999 e SCHWARTZ, 1995.

1.3 – Neurofeedback e EEG Quantitativo: Histórico e Desenvolvimento

O campo de estudo da eletroneurofisiologia é bastante antigo: remonta a 1848, quando Emil du Bois-Reymond, renomado fisiologista alemão, com suas pesquisas na área da eletricidade animal (descoberta por Luigi Galvani no final do século XVIII), primeiro reportou a presença de sinais elétricos nos nervos periféricos de animais (MILLAR et al., 1996). Algumas décadas depois, em 1875, o inglês Richard Caton, baseando-se nos trabalhos de du Bois-Reymond, torna-se o primeiro a registrar a atividade elétrica nos cérebros de macacos e coelhos (BENNETT, 1999). Interessado em saber como o cérebro desses animais respondiam a estímulos visuais, Caton, medindo a atividade elétrica diretamente no cérebro daqueles, verificou que a região occipital do encéfalo respondia sempre que uma luz passava em frente aos olhos dos animais. Os estudos acerca da atividade elétrica do cérebro permaneceram relativamente abandonados durante aproximadamente meio século, até que, em 1924, o psiquiatra alemão Hans Berger realiza um estudo experimental no qual registrava as correntes elétricas no cérebro exposto de um cachorro. Em 1929, Berger descobre que é possível detectar essas correntes elétricas em cérebros intactos, a partir de experimentos com seus próprios

familiares (MILLAR, 1996). Utilizando eletrodos de chumbo, zinco e platina, Berger realiza setenta e três registros a partir da cabeça de seu filho adolescente, Klaus. Publica então um trabalho seminal denominado "*On the Electroencefalogram in Man*" (ROBBINS, 2000). A eletroencefalografia estava inventada.

Nas décadas seguintes, o EEG tornou-se objeto de intenso interesse da parte da psiquiatria e da neurologia, visto que cada vez mais constituía-se numa técnica útil para o diagnóstico de distúrbios neurológicos variados (CANTOR, 1999). Com o advento da computação digital nos anos sessenta e setenta, o EEG tornou-se uma técnica ainda mais precisa, passando a ser conhecida comumente pelo nome de EEG Quantitativo (ou simplesmente QEEG, em inglês).

A relação entre o QEEG e o neurofeedback torna-se então óbvia: aquele primeiro estabelece as bases para que o segundo possa existir. Ou seja, as pesquisas acerca do QEEG vão redundar em toda a tecnologia necessária ao aparecimento dos aparelhos de neurofeedback, que não apenas detectam e registram a atividade elétrica do cérebro, mas também devolvem essa informação (feedback) para o indivíduo.

Todavia, apenas a tecnologia não se constituiu em condição suficiente para o aparecimento do neurofeedback. O outro componente fundamental somente seria adicionado à equação ao final dos anos sessenta, pelo psicólogo norte-americano Barry Sterman, pesquisador

da Universidade da Califórnia (UCLA). Inspirado pelas idéias behavioristas de Neal Miller, que havia demonstrado anteriormente a possibilidade de condicionar animais de laboratório a alterar suas funções autônomas, como por exemplo, a frequência dos batimentos cardíacos e a pressão sanguínea, Stermán, interessado em pesquisar o funcionamento cerebral durante o sono, conduz uma série de experimentos que o levariam paulatinamente à invenção do neurofeedback (ROBBINS, 2000).

Seus primeiros experimentos, em 1965, envolviam apenas treinamento comportamental. Trabalhando com gatos, colocava-os em câmaras experimentais de alumínio, à prova de som, condicionando-os a pressionar uma barra para obter alimento. Os animais tinham parafusos de aço inoxidável presos aos seus crânios, de forma a possibilitar a fácil colocação e retirada dos eletrodos necessários às medições do EEG. Quando os gatos já estavam condicionados a pressionar a barra, Stermán adicionava um novo elemento à condição experimental: um som contínuo de campainha. Se o gato pressionasse a barra enquanto a campainha estivesse soando, este não receberia seu prêmio (leite com pedaços de frango). O gato então deveria aprender a esperar o final do som para então pressionar a barra e obter a comida. Interessado na questão do sono, Stermán esperava que os gatos, durante o período de espera, entrassem numa espécie de estado de inibição do sistema nervoso – ou “micro-sono”, tal como ele o

denominou (ROBBINS, 2000) – o que se refletiria nos resultados dos EEGs.

Todavia, o que acontecia era algo muito diferente. Os animais simplesmente sentavam-se imóveis no compartimento e entravam num estado cerebral único: extremamente alerta embora bastante relaxados. Emitiam uma frequência cerebral nunca antes registrada nos EEGs, que variava de 12 a 15 hertz⁶. Tal frequência situava-se na amplitude conhecida comumente como beta, mas sendo emitida por uma parte específica do cérebro: o córtex sensoriomotor. Por isso, Stermán denominou-a de frequência SMR (*"sensorimotor rhythm"*) (BUDZINSKY, 1999).

O grande passo foi dado quando, finalmente, Stermán perguntou a si mesmo se seria possível um gato ser operantemente condicionado a criar e manter um determinado ritmo de ondas cerebrais sob seu controle. Com a ajuda de um técnico amigo seu, Stermán construiu um aparato eletrônico que isolava a frequência SMR do EEG. O experimento foi então modificado para a seguinte configuração: se o gato emitisse as ondas cerebrais na frequência SMR por meio segundo, um mecanismo automaticamente dispensaria uma pequena quantidade de comida na câmara experimental (agora sem a barra de pressão).

Nos anos que se seguiram, Stermán realizou diversas variações do experimento, condicionando e extinguindo diversas frequências

⁶ Ver item 1.4.4.1 e notas.

cerebrais e replicando esses procedimentos com macacos. Finalmente, em 1967 publica seus resultados na prestigiosa *Brain Research* (ROBBINS, 2000). Contudo, embora seus resultados fossem interessantes – havia sido o primeiro pesquisador a isolar a frequência SMR, observado suas propriedades em gatos e macacos e treinado os animais a produzi-la, Stermán não conseguira determinar nenhuma aplicabilidade concreta para a sua descoberta (BUDZINSKY, 1999).

Neste mesmo ano Stermán é convidado a investigar um fenômeno de natureza muito diferente: a convite da NASA, a agência espacial norte-americana, passa a estudar os efeitos dos vapores dos combustíveis de foguete sobre o funcionamento cerebral dos astronautas. A inalação, mesmo de uma pequena quantidade de vapores de combustível, era capaz de provocar alucinações e ataques epiléticos. Stermán leva seus gatos para o novo laboratório e passa a realizar experimentos sobre os efeitos da inalação sobre os EEGs dos animais. Descobre que, invariavelmente, a inalação da substância induzia ataques epiléticos nos gatos. Exceto em dez dos cinquenta que utilizou nos experimentos. Exatamente os dez que haviam participado anteriormente da suas pesquisas sobre o SMR. Aparentemente, o cérebro desses gatos tornara-se funcionalmente diferente: os limiares para o desencadeamento de ataques epiléticos eram muito mais altos nesses do que nos gatos comuns.

Vislumbrando finalmente uma aplicação para sua descoberta,

Sterman conduz seus primeiros experimentos com seres humanos em 1971: constrói um aparato, uma simples caixa preta com duas luzes, uma verde e outra vermelha. Da mesma forma que nos experimentos com gatos, o aparelho identificava as ondas SMR do sujeito. Quando este as emitia, a luz verde acendia e, quando não, a vermelha permanecia acesa (ROBBINS, 2000).

Desde então, este princípio básico vem sendo utilizado com o auxílio de equipamentos cada vez mais precisos e sofisticados, e ensejando pesquisas que não cessam de apontar para novas aplicações.

1.4 – Aspectos Neurofisiológicos do Neurofeedback

1.4.1 – A Gênese das Ondas Cerebrais

Para compreender como a atividade elétrica do cérebro pode ser captada, torna-se necessário revisar alguns conceitos básicos de neurofisiologia. O Sistema Nervoso Central (SNC) é composto por dois tipos de células: os neurônios e suas células de suporte, as glias (ou neuróglias). As células gliais distribuem-se amplamente pelo SNC e

diferenciam-se dos neurônios por serem menores e por não gerarem sinais elétricos (BRANDÃO, 2001).

Figura 1.1 – Diagrama Esquemático de um Neurônio

Legenda:

01 – Soma ou Corpo Celular	04 – Bainha de Mielina
02 – Núcleo	05 – Axônio
03 – Dendritos	06 – Terminais Sinápticos

Os neurônios são compostos tipicamente de três partes (ver *Figura 1.1*): o corpo celular, os axônios e os dendritos. Protegido dos fluídos extracelulares através de uma membrana, o corpo celular (pericário ou soma) contém os aparatos típicos de todas as células, tais como núcleo, complexo de Golgi (o centro metabólico da célula) e a retícula endoplasmática (MARTIN, 1998). Projetando-se a partir do corpo celular existem várias pequenas ramificações, os dendritos (*dendron* em grego significa “árvore”), cuja função é a de receber sinais

elétricos provenientes de outros neurônios (MARTIN, 1998).

Os axônios, por outro lado, transmitem sinais elétricos para outros neurônios, músculos e glândulas e constituem-se em longos filamentos (que chegam a ter até 1 metro de extensão) em cuja ponta existem pequenas ramificações terminadas em minúsculas protuberâncias denominadas terminais sinápticos. Observe-se a *Figura 1.2* para um esquema geral da ligação entre os neurônios.

Uma camada de células de gordura, a chamada “bainha de mielina” envolve os axônios de certos neurônios, ajudando a acelerar seus impulsos (OLIVEIRA & AMARAL, 1997). Dependendo do caso, o impulso neuronal viaja a uma velocidade que varia de 3 a até 300 ou mais quilômetros horários, quando as fibras axônicas são muito mielinizadas (MARTIN, 1998). Os neurônios comunicam-se uns com os outros, portanto, enviando sinais eletroquímicos a partir dos terminais sinápticos de uma célula para os dendritos de outra.

O terminal sináptico do axônio de um neurônio não chega realmente a tocar o dendrito da outra célula (ver *Figura 1.3*). Há, na verdade, uma minúscula lacuna entre um e outro, chamada fenda sináptica. Quando um impulso nervoso chega ao terminal sináptico, este desencadeia a secreção de substâncias denominadas neurotransmissores. Os neurotransmissores difundem-se pela fenda, estimulando o próximo neurônio.

Figura 1.2 – Esquema de Comunicação entre os Neurônios

Essas substâncias químicas podem tanto excitar (despolarizar) quanto inibir (hiperpolarizar) a membrana neuronal. A excitação da membrana modifica a sua permeabilidade aos íons (átomos eletricamente carregados) do fluido extracelular. Tipicamente, uma célula em repouso encontra-se altamente permeável aos íons potássio (K^+) e relativamente impermeável aos íons sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-). Assim, o fluido intracelular de um axônio em repouso contém em sua maior parte, íons de carga negativa (ânions), enquanto o fluido fora da membrana está repleto de íons de carga positiva (cátions). Quando o neurônio em repouso é estimulado, bombas de íons (moléculas de

proteína em formato de rosca que formam poros na membrana celular e permitem a passagem seletiva ora de íons positivos, ora negativos) abrem os canais de sódio e cloreto que inundam a célula. Esse processo, chamado de despolarização (KIMURA, 2001), tira a célula do potencial de repouso, fazendo com que as partes seguintes do axônio propaguem essa despolarização que, ao chegar ao terminal sináptico, estimula certas estruturas conhecidas como vesículas sinápticas a liberar os neurotransmissores na fenda (*Figura 1.3*).

Este influxo de cátions e ânions através das bombas de íons ocorre devido a ação dos neurotransmissores excitatórios e inibidores, tais como a acetilcolina (excit.), que modifica a permeabilidade da membrana do axônio aos íons sódio. O potencial de repouso (equilíbrio) desses íons pode ser calculado através da equação de Nernst (KIMURA, 2001), cujo detalhamento, no entanto, foge ao escopo deste trabalho.

Todo esse processo chega a ocorrer até 100 vezes num único segundo e é orientado por um princípio conhecido como “Princípio de Ação no Estilo Tudo-ou-Nada” (MARTIN, 1998), ou seja, o neurônio torna-se ativo por um breve período (cerca de 1 milissegundo) em função da combinação de impulsos excitatórios e inibidores provenientes de outros neurônios – ou seja, cada neurônio pode receber milhares de sinapses de uma rede de outros neurônios: alguns deles liberando neurotransmissores excitatórios e outros liberando

neurotransmissores inibidores. Se a combinação desses *inputs* (padrão de ativação) for suficiente para exceder uma certa intensidade mínima (ou limiar, que varia entre 20 e 30 μV), então o neurônio se despolarizará, desencadeando um impulso nervoso. Se o padrão de ativação não ultrapassar o limiar, o neurônio não reagirá (BRANDÃO, 2001).

Figura 1.3 – Esquema de uma Sinapse Neuronal

Até o presente momento, já foram descobertos mais de 75 neurotransmissores diferentes (CARTER, 1999), entre excitatórios

(p.ex., acetilcolina e o glutamato) e inibidores (p.ex., ácido gama-aminoburítico [GABA] e a glicina), cada qual com uma função específica que não cabe aqui discutir. Todavia, seu papel é fundamental, pois são precisamente eles que permitem a passagem da informação de um neurônio para outro nas sinapses.

Os sinais eletroencefalográficos registrados ao nível do escalpo (a pele da cabeça) nada mais são do que a resultante da soma de bilhões de potenciais de ação individuais simultâneos em determinadas regiões cerebrais (CANTOR, 1999) – o que constitui-se apenas em uma fração da atividade total do cérebro, levando-se em conta a existência de aproximadamente 30 bilhões de neurônios, cada qual com centenas e até milhares de conexões sinápticas, que podem totalizar o astronômico número de 10^{13} de sinapses num cérebro comum (OTHMER, OTHMER & KAISER, 1999). Os ritmos cíclicos observados num EEG são geralmente atribuídos à atividade neurológica existente entre o tálamo e o córtex – o que nos conduz naturalmente a algumas observações acerca da neuroanatomia geral do SNC e da relação entre a atividade elétrica captada pelo EEG e as macroestruturas cerebrais.

1.4.2 – A Atividade Elétrica e as Macroestruturas Cerebrais

Há basicamente duas concepções explicativas acerca da atividade elétrica captada pelo EEG: a talâmica e a neocortical. A primeira é a mais antiga (década de 1930) e a mais pesquisada e amplamente aceita até o momento. Baseia-se na idéia de que o tálamo vibre continuamente e esta vibração faria com que todo o cérebro vibrasse ciclicamente. As pesquisas de Andersen nos anos 1960 forneceram a base de sustentação para este argumento: arrefecendo o funcionamento do córtex de animais, verificou-se que a amplitude do EEG se reduzia, embora a frequência, por outro lado, se mantivesse inalterada. Quando o tálamo era arrefecido, entretanto, a frequência do EEG alterava-se enormemente (ANDERSEN & ANDERSSON, 1968).

O tálamo (do grego *thalamos*, que significa “câmara nupcial” ou “sala íntima”) é um aglomerado de neurônios em formato ovóide localizado no diencéfalo (ver Figura 1.4).

Figura 1.4 – Esquema das Macroestruturas Cerebrais

Sua função é a de conduzir as informações sensoriais recebidas dos sentidos (exceto olfato) e enviá-las para áreas sensoriais primárias do córtex⁷ (MARTIN, 1998). Subdividido em diversos núcleos, o tálamo

⁷ O termo "*thalamos*" foi utilizado pela primeira vez por Galeno, no século II d.C., para descrever um reservatório para a "*pneuma*" (designação da época para o líquido, que preenchia os ventrículos). Uma vez que o "*pneuma*" era considerado por Galeno como um fluido regenerador, este utilizou-se metaforicamente da palavra "*thalamos*" possivelmente referindo-se à continuidade da vida sugerida pelo termo "câmara nupcial" (SITA, 2000).

comunica-se com o córtex através de um volumoso feixe de fibras denominado cápsula interna (BRANDÃO, 2001). Experimentos demonstram que os neurônios talâmicos *in vitro* tendem a oscilar eletricamente numa frequência de 6 a 10 Hz (ABARBANEL, 1995).

Há três tipos de neurônios nos núcleos talâmicos: os neurônios tálamocorticais (TCR), os neurônios do núcleo reticular (RE), que proporcionam o feedback inibitório (hiperpolarização) de controle aos neurônios TCR, e os interneurônios⁸ locais, que ajudam a coordenar as interações entre os dois primeiros (YOUNG & YOUNG, 1998). Os neurônios TCR funcionam de duas formas: a) como células de retransmissão que se despolarizam em resposta às descargas recebidas, desta forma transmitindo e integrando os *inputs* sensoriais ascendentes ao córtex; e b) como células oscilatórias que disparam em ritmo coletivo, bloqueando desta forma os inputs para o córtex (ABARBANEL, 1995, 1999).

⁸ No que se refere à função, há três tipos de neurônios: os sensoriais, os motores e os interneurônios. Aqueles primeiros transmitem os impulsos recebidos dos receptores (células especializadas dos órgãos sensoriais, músculos, pele e articulações que percebem mudanças físicas e químicas, traduzindo essas informações em impulsos que percorrem os neurônios sensoriais). Os neurônios motores conduzem informações oriundas do SNC para os órgãos efetores (músculos e glândulas). E, finalmente, os interneurônios (que são a imensa maioria dos neurônios) recebem os sinais dos neurônios sensoriais e enviam impulsos para os neurônios motores ou para outros interneurônios. Esses últimos são encontrados apenas no cérebro, olhos e medula espinhal (MARTIN, 1998).

Figura 1.5 – Esquema da Comunicação Tálamo-Córtex

A Figura 1.5 ilustra como a oscilação elétrica do tálamo, portanto, seria explicada como epifenômeno da liberação/retenção de impulsos entre o tálamo e o córtex, pela ação interrelacionada entre os neurônios TCR e RE (STERIADE, McCORMICK & SEJNOWSKI, 1993).

Numa outra investigação, STERIADE et al. (1985) propuseram que o núcleo reticular (neurônios RE) do tálamo fosse o centro da vibração cerebral, uma vez que cortes realizados nesta região têm o poder de fazer cessar as vibrações do tálamo.

Numa pesquisa mais recente, LARSON et al. (1998) realizaram

uma investigação na qual relacionaram a atividade média eletroencefalográfica em diversos pontos do cérebro utilizando a análise PET (tomografia por emissão de pósitrons)⁹. A conclusão do estudo é a de que o tálamo apresentava maior atividade metabólica quando os indivíduos dessincronizavam as ondas alfa (ver item 1.4.4.1) da região occipital (ver Figura 1.6) do cérebro. Ou seja, a ativação do tálamo implicava no desaparecimento das ondas alfa na região occipital quando os participantes se encontravam numa situação de repouso e com os olhos fechados. Recentemente, LINDGREEN et al. (1999) confirmaram os resultados de LARSON et al. (op. cit.), verificando ainda que em estados depressivos o aumento metabólico do tálamo não provoca a redução da produção de ondas alfa, o que poderia indicar que a depressão esteja associada a uma anomalia no circuito talâmico desses indivíduos.

A segunda teoria, proposta pelo físico Paul NUNEZ (1995), encontra-se baseada na idéia de que o neocórtex (a parte mais nova do córtex, situada na região mais externa dos hemisférios cerebrais) é que regula as oscilações de todo o córtex, que, por sua vez, faz com que o

⁹ O encéfalo humano adulto corresponde a não mais que 2% da massa corporal, consumindo, no entanto, cerca de 20% de todo o oxigênio e glicose utilizados pelo organismo. Parte substancial dessa demanda energética destina-se à manutenção de fluxos iônicos através da membrana e, principalmente, da atividade eletro-bioquímica nas sinapses. A tomografia de emissão de pósitrons (PET) registra essas alterações, através da taxa metabólica ou de alterações no fluxo sanguíneo, com o uso de um computador. Assim, constitui-se numa poderosa ferramenta para a investigação de correlatos anátomo-funcionais de processos cognitivos (RUGG, 1995).

tálamo simplesmente ajuste as suas oscilações às do neocórtex. NUNEZ (1995) relata um experimento no qual o córtex motor, localizado na parte da frente da fissura (ou sulco) central (ver *Figura 1.6*), era estimulado eletricamente a 10 Hz em períodos de 2 segundos. Ao final de 28 dessas estimulações, o tálamo começava a oscilar espontaneamente com a mesma frequência de 10 Hz. O autor conclui então que a associação da atividade neocortical e a maleabilidade do tálamo em alterar sua própria frequência faz com que o tálamo e o cérebro igualem suas oscilações, que depois são captadas pelo EEG.

Figura 1.6 – Os Lobos e Fissuras Cerebrais

Uma terceira posição parece estar se desenvolvendo: László DÉTÁRI (2000) sugere a idéia de que o sistema colinérgico do cérebro é que controla a ativação do neocórtex, uma vez que o bloqueio do prosencéfalo basal através da substância atropina induz o aparecimento de ondas largas e lentas no EEG (ver item 1.4.4.1).

Desta forma, apesar dos imensos avanços da neurofisiologia nas últimas décadas, podemos verificar que ainda não se encontra completamente estabelecido o funcionamento dos mecanismos que

produzem os potenciais elétricos cerebrais.

1.4.3 – O Registro das Ondas Cerebrais

Conforme discutido anteriormente, os sinais elétricos do EEG são gerados pela atividade de bilhões de neurônios de regiões corticais e sub-corticais. Tais sinais, entretanto, são eletricamente muito fracos, principalmente quando são captados no escalpo, tendo passado pelo fluído cérebroespinal no qual o cérebro está suspenso, e pela caixa craniana.

Os equipamentos de eletroencefalografia, assim como os dispositivos de neurofeedback, devem ser capazes de amplificar fortemente esses tênues sinais, de forma a poder monitorá-los ou apenas representá-los numa forma gráfica compreensível. A Figura 1.7 ilustra um registro típico de EEG de um adulto normal.

Como se pode observar na referida figura, num EEG comum são derivadas (captadas) as frequências de ondas cerebrais em dezenove diferentes pontos do escalpo. Para que fosse possível haver um mínimo de padronização nos estudos que utilizavam o EEG, JASPER (1958) sugeriu uma sistematização, na colocação dos eletrodos, conhecida como o Sistema Internacional 10–20 de Colocação de Eletrodos. Uma ilustração desse sistema pode ser vista na Figura 1.8.

Figura 1.7 – Eletroencefalograma de um Adulto Normal

As letras F, C, T, P e O referem-se às regiões corticais conhecidas como Frontal, Central, Temporal, Parietal e Occipital, respectivamente (ver Figura 1.6). Os números ímpares referem-se aos pontos específicos do hemisfério cerebral esquerdo e os pares aos do hemisfério direito. Desta forma, “T4” refere-se a um ponto localizado no lobo temporal direito e “P3” a um sítio do lobo parietal esquerdo,

por exemplo. A sigla “Fp” significa “Pólo Frontal” (*frontal pole*), e refere-se a um ponto específico localizado a cerca de um dedo acima do encontro das sobrancelhas.

Figura 1.8 – Sistema Internacional 10-20 de Colocação de Eletrodos

O termo “10–20” refere-se à colocação dos eletrodos em sítios localizados a 10% ou 20% da distância total entre o násio (ponto de articulação entre os dois ossos nasais e o frontal) e o ínio (ponto central da protuberância occipital externa) (McMINN, HUTCHINGS & LOGAN, 2000) e entre os dois ouvidos. O uso desse sistema de porcentagens permite padronizar a colocação dos eletrodos independentemente do tamanho do crânio do indivíduo, como no caso da grande diferença entre crianças e adultos, por exemplo (JASPER,

1958).

Num exame eletroencefalográfico típico, por exemplo, dos 21 eletrodos utilizados, 19 são colocados nas regiões do escalpo determinadas pelo sistema 10–20 e os outros dois nos lóbulos das orelhas (“A1” e “A2”, na Figura 1.8), para serem utilizados como referências elétricas (HRACHOVY, 2001).

Estima-se que cada eletrodo seja capaz de captar as atividades elétricas de cerca de 100.000 neurônios, numa profundidade cortical de aproximadamente 0,5 cm (ABARBANEL, 1999).

1.4.4 – As Ondas Cerebrais

A análise e a interpretação dos sinais elétricos emitidos pelas regiões corticais e sub-corticais, as chamadas “ondas cerebrais”, envolvem a apreciação de quatro componentes principais: a frequência, a amplitude, a morfologia e a simetria (CANTOR, 1999). A seguir, explorar-se-á brevemente cada um desses aspectos.

1.4.4.1 – Frequência

A frequência de um sinal elétrico refere-se à taxa na qual uma forma de onda repete o seu ciclo no período de tempo de um segundo.

A padronização internacional para a medida de frequências é o hertz¹⁰ (Hz), que significa um ciclo por segundo. Na maioria dos trabalhos acerca do EEG, costuma-se dividir as frequências em quatro grandes grupos indicados pelas letras gregas delta (δ), teta (θ), alfa (α) e beta (β). Certos autores (p.ex., COLLURA, 2001; SHEER, 1984) referem-se ainda a um quinto espectro de frequências¹¹ e, neste caso, utilizam-se da letra gama (γ). A tabela 1.2 fornece um resumo geral das frequências cerebrais.

As bandas de frequência delta (menos de 4 Hz) e teta (4 – 7,5Hz) são consideradas atividades de ondas lentas, enquanto as bandas alfa

¹⁰ *Heinrich Rudolph Hertz*, físico alemão, demonstrou em 1888 a existência das ondas de rádio geradas pelas faíscas elétricas (MILLAR, 1996).

¹¹ Outros autores, ainda mais raramente, referem-se às frequências Kapa (κ), e Mu (μ), com 10Hz e entre 9-11Hz respectivamente.

Tabela 1.2 – Quadro Demonstrativo das Frequências Cerebrais

<i>Frequência</i>	<i>Hz</i>	<i>Amplitude (μV)</i>	<i>Características</i>	<i>Modelo Ilustrativo</i>
Delta	0 – 4	20 – 200	Sono profundo, sem sonhos; transe hipnótico profundo;
Teta	4 – 8	20 – 100	Sono leve; Transição sono/vigília; Devaneio ("daydreaming");
Alfa	8 – 12	20 – 60	Relaxado, tranquilo, consciente;
Beta Inferior (SMR)	12 – 15	2 – 20	Relaxado, consciência focada, grande capacidade de atenção focalizada;
Beta Médio	15 – 18	2 – 20	Alerta mas não agitado; atividade de pensamento;
Beta Alto	18 – 20	2 – 20	Agitação motora; excitação;
Gama	36 – 44	1 – 10	Estados alterados de consciência (encontrados, p. ex., em praticantes de meditação [SHEER, 1984]);

(8 - 12 Hz) e beta (12 - 20 Hz) atividades de ondas rápidas. A frequência conhecida como SMR (ritmo sensoriomotor), referida no item 1.2, também leva o nome de “beta inferior” (*low beta*), e seu espectro varia entre 12 e 15 Hz (ver Tabela 1.2).

1.4.4.2 – Amplitude

A amplitude de uma onda refere-se à sua tensão elétrica (ou voltagem), que é medida em microvolts¹² (μV). Graficamente, refere-se à diferença entre o pico e a depressão de uma determinada onda (ou seja, a sua altura). A amplitude das ondas EEG geralmente situa-se entre 20 e 50 μV (HRACHOVY, 2001), entretanto, pode haver uma variabilidade maior (entre 10 e 100 μV). A amplitude do EEG tende a ser atenuada dependendo do tipo de estimulação à qual o indivíduo está submetido. Por exemplo, a atividade rápida (beta) será atenuada em sua amplitude durante uma medição com os olhos abertos, em relação a uma medição com os olhos fechados. A amplitude também é fortemente influenciada pela sua derivação (origem do sinal). No lobo occipital, por exemplo, a amplitude de onda é mais acentuada do que as derivadas do lobos frontal e parietal (FRANCKOWIAK, 1990).

¹² O volt é a unidade de medida utilizada em referência à tensão (carga elétrica positiva ou negativa que um corpo possui por unidade de volume), assim chamado em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta (1745-1827), inventor da bateria (MILLAR, 1996). Um microvolt equivale a 1/1.000.000 volt.

Utiliza-se o termo supressão (*supression*) em referência à mínima ou inexistente atividade rítmica presente em determinada banda de frequência (amplitude tendendo a zero), e o termo paroxístico (*paroximal*) à atividade rítmica intensa (amplitude muito alta).

1.4.4.3 – Morfologia

A combinação entre a frequência e a amplitude afetará a forma (morfologia) da onda EEG. A morfologia das ondas varia bastante, principalmente em função dos estímulos e do estado de consciência do sujeito (alerta, sonolento, dormindo, etc). Uma onda transitória (*"transient"*) é uma forma isolada numa seqüência de atividade EEG, ou seja, quando estabelece um padrão bastante diferente das ondas obtidas durante um certo período de tempo. Quando essa transitória possui uma duração de até 70 milisegundos, leva o nome de espigão (*"spike"*); quando sua duração se encontra entre 70 e 200 milisegundos, denomina-se onda pontiaguda (*"sharp wave"*).

O termo complexo (*"complex"*) é utilizado quando duas ou mais ondas ocorrem juntas e se repetem a intervalos consistentes. Um complexo monomórfico ocorre quando as ondas subseqüentes são similares, ao passo que um complexo polimórfico ocorre quando as ondas subseqüentes são dessemelhantes.

A morfologia da onda pode também ser analisada em relação à

sua oscilação (positiva quando a oscilação vai para baixo e negativa quando vai para cima). Se o EEG não possuir oscilação, a onda denomina-se não-fásica ("*nonphasic*"); se ocorrer a presença das duas oscilações, a onda recebe o nome de difásica ("*diphasic*"). Seguindo o mesmo raciocínio, podemos ter também as ondas trifásicas ("*triphasic*") e polifásicas ("*polyphasic*").

1.4.4.4 – Simetria

Dada a natureza simétrica bilateral do córtex, uma medida que alguns autores consideram importante (p.ex., CRANE & SOUTAR, 2000) refere-se à simetria da amplitude do sinal encontrado em pontos homólogos (p. ex., entre "C3" e "C4", ou entre "T6" e "T5"), e que tem demonstrado ser sensível a certas patologias neurológicas (CANTOR, 1999). A definição matemática mais aceita para a simetria de amplitude foi definida por JOHN (1977 apud CANTOR, 1999)¹³, e corresponde a fórmula: $(\text{anterior} - \text{posterior}) / (\text{anterior} + \text{posterior})$, supondo-se a comparação entre um ponto localizado no hemisfério esquerdo

¹³ JOHN, E. R. (1977). *Neurometrics: Clinical applications of quantitative electrophysiology*, Vol. 2., New Jersey: Lawrence Erlbaum.

(anterior) e outro no direito (posterior).

A simetria também pode se referir ao grau de correspondência entre os picos e as depressões das ondas de frequências diferentes (também conhecida como simetria de fase) e a comparação entre os padrões de frequência em séries temporais diferentes, caso em que leva o nome de coerência (CANTOR, 1999). Uma discussão mais detalhada acerca deste vasto tópico pode ser encontrada em GLASER & RUCHKIN, 1976.

1.5 – Instrumentos de Neurofeedback

Os aparelhos de neurofeedback, de uma forma geral, executam três funções básicas: a) captam os sinais elétricos oriundos das atividades corticais e subcorticais, ao nível do escalpo; b) amplificam e mensuram esses sinais; e c) apresentam esses sinais ao sujeito na forma de informação visual e/ou auditiva significativa (PEEK, 1995).

Os primeiros aparatos com essa finalidade constituíam-se em meros filtros de frequência acoplados a um aparelho eletroencefalográfico comum (ROBBINS, 2000). Contudo, os modelos atuais são muito mais avançados. Primeiro, obviamente prescindem do uso simultâneo de um aparelho EEG, e segundo, incorporam os avanços obtidos na computação digital alcançados nas últimas duas

décadas.

Um sistema de neurofeedback atual típico compõe-se de um módulo amplificador dos sinais elétricos captados no escalpo, de eletrodos variados e de um computador que, com o auxílio de um software específico, interpreta esses sinais e proporciona o feedback para o indivíduo. Seu funcionamento, em termos simples, envolve a transformação dos sinais analógicos captados no escalpo em informação digital.

A questão mais fundamental concernente a esses dispositivos é a diferença de tempo entre a captação do sinal e o feedback oferecido. Se este intervalo de tempo for excessivamente longo, o processo de aprendizagem não será eficiente, uma vez que o sujeito não conseguirá estabelecer uma relação precisa entre o seu estado interno (propriocepção) e os comportamentos de modulação necessários à modificação desse mesmo estado interno. Logo, a rapidez do sistema é um fator crítico que, todavia pôde ser resolvido com o advento dos microprocessadores e filtros digitais modernos.

Os dispositivos atuais de neurofeedback oferecem uma variedade de possibilidades de treinamento cerebral, mediante a combinação de diversos parâmetros que, quando fixados, configuram um protocolo de treinamento.

1.5.1 – Protocolos de Treinamento

Dependendo dos objetivos almejados, pode-se combinar diversas variáveis do treinamento. Uma combinação específica dessas variáveis denomina-se protocolo de treinamento (ou protocolo de intervenção). Um protocolo deve levar em conta: a) a escolha dos locais para a colocação dos eletrodos; b) a disposição monopolar ou bipolar dos eletrodos; c) a escolha do hemisfério cerebral a ser treinado; d) os ritmos a serem reforçados e/ou os ritmos a serem suprimidos; e) a escolha do tipo de feedback fornecido (visual, auditivo ou combinado); f) o ajuste dos limiares de reforçamento (*"thresholds"*), e g) a formatação do plano de sessões de treinamento (duração e frequência).

A escolha dos locais para a colocação dos eletrodos deve obedecer, obviamente, a mesma padronização que a do EEG (ver tópico 1.4.3 e Figura 1.7). Poucos estudos acerca dos locais de colocação dos eletrodos foram realizados até o presente momento, havendo ainda muita controvérsia acerca deste ponto (COLLURA, 2001a). Algumas configurações, entretanto, têm se mostrado eficazes, encontrando razoável aceitação geral, e por esse motivo, serão discutidas logo mais, detalhadamente.

Uma vez que os dispositivos de neurofeedback são, em sua essência, aparelhos amplificadores “diferenciais”, isto é, medem o sinal elétrico existente entre dois locais, todas as medidas EEG necessitam

de pelo menos três eletrodos (dois para a mensuração e um terceiro como “terra”). Os aparelhos mais avançados são capazes de realizar essa mensuração em dois canais simultâneos, o que conduz a necessidade de dois eletrodos por canal (além do eletrodo de aterramento). Dependendo de como se processa a colocação dos eletrodos, podemos ter uma captação monopolar ou bipolar (ver Figura 1.9).

Para a captação monopolar, um eletrodo (denominado “ativo”) é colocado em determinada região do escalpo (de acordo com o sistema 10–20), e o outro (denominado “indiferente”) é posicionado numa região eletricamente neutra, tal como os lóbulos da orelha ou a mastóide¹⁴. Assim, o eletrodo indiferente é colocado onde há pouca ou nenhuma atividade elétrica a ser registrada. A derivação EEG constitui-se, portanto, num reflexo da região do cérebro localizada sob o eletrodo ativo.

Na captação bipolar, ambos os eletrodos são posicionados no escalpo, e o registro eletroencefalográfico refletirá a diferença de potencial elétrico entre os mesmos. Portanto, a derivação reflete a atividade da área cortical localizada entre os dois eletrodos. Este procedimento proporciona uma representação mais acurada da atividade cerebral em determinada área do cérebro, sendo mais sensível à atividade localizada. Por exemplo, as ondas beta serão mais

¹⁴ A apófise mastóide constitui-se numa saliência do osso temporal, localizada atrás do pavilhão das orelhas (MARTIN, 1998).

pronunciadas quando utilizamos a captação bipolar, e as ondas teta serão menos pronunciadas, uma vez que trata-se de uma atividade cerebral mais distribuída pelo córtex, e aquela primeira mais localizada (CANTOR, 1999).

Figura 1.9 - Montagens Monopolar e Bipolar dos Eletrodos

Em relação à escolha do hemisfério cerebral, cabe ressaltar que, geralmente, os eletrodos são posicionados de forma que um determinado canal corresponda a um hemisfério cerebral. Embora esta também seja uma área ainda pouco pesquisada, algumas linhas gerais

são ressaltadas por diversos autores. Por exemplo, o ritmo SMR (beta inferior) é normalmente treinado no hemisfério direito (ponto C4), sendo este o treinamento mais típico de todos (COLLURA, 2001a). O ritmo beta, por outro lado, normalmente é treinado no hemisfério esquerdo (em C3). COLLURA (2001a) aponta para o efeito curioso que ocorre quando são realizados os treinamentos apontados acima invertendo-se os hemisférios: Por exemplo, o treinamento do ritmo SMR no hemisfério esquerdo pode levar à depressão e a uma sensação geral de cansaço e o treinamento do ritmo beta no hemisfério direito pode acentuar os sintomas de um indivíduo portador de distúrbios agressivos e anti-sociais. Esses efeitos indesejados, no entanto, podem ser facilmente revertidos após um treinamento de 3 a 5 minutos com os posicionamentos corretos (COLLURA, 2001a).

Seria de se esperar que houvesse algum tipo de correlação entre a dominância cerebral e o hemisfério a ser trabalhado. Por exemplo, dados empíricos ainda não comprovados sugerem que certos indivíduos respondem melhor ao treinamento contralateral (ou seja, se é destro, treinamento do hemisfério esquerdo, etc.), o que indica a conveniência da testagem dessa variável individualmente, antes do início de qualquer tipo de intervenção (CRANE & SOUTAR, 2000).

No que se refere ao ritmo específico a ser treinado, deve-se ressaltar que todo protocolo envolve o reforçamento e/ou a inibição de determinada frequência cerebral. Os protocolos mais simples

(utilizados principalmente nas décadas de 70 e 80 do século XX) envolviam tipicamente o treinamento de um único ritmo (por exemplo, o conhecido treinamento das “ondas alfa”). Todavia, esses métodos de treinamento pareciam produzir apenas estados de relaxamento não-específicos (CRANE & SOUTAR, 2000).

Segundo esses autores (op. cit.), esses desenvolvimentos iniciais foram os responsáveis pela reputação – errônea – até hoje difundida, de que o biofeedback EEG consistiria meramente num método geral de relaxamento, não muito diferente do biofeedback EMG, RET, Eletrodérmico ou de qualquer outro método de relaxamento tradicional.

Cada ritmo específico encontra-se associado a determinados estados internos subjetivos, possuindo vantagens e desvantagens. Por exemplo, o ritmo teta pode estar associado à distração e à divagação (*"daydreaming"*), mas também está associado à criatividade, intuição e a estados mais profundos de consciência (CRANE & SOUTAR, 2000; ROBBINS, 2000). O ritmo beta, por outro lado, está comumente associado ao pensamento lógico, focado, deliberado, mas também está presente na irritabilidade e agitação psicomotora (COLLURA, 2001, 2001a).

A escolha do tipo de feedback a ser fornecido deve levar em consideração as preferências do treinando. Há pessoas, por exemplo, que preferem o feedback auditivo, enquanto outras optam pelo visual.

Freqüentemente ocorre a combinação de ambos, o que parece contribuir para a intensidade e qualidade do estímulo de feedback (COLLURA, 2001a).

Outra questão relevante encontra-se relacionada ao manejo dos limiares de reforçamento, ou seja, o tipo de ajuste paramétrico do feedback fornecido ("*thresholds*"). Esses limiares referem-se ao critério utilizado para o feedback. Por exemplo, quantos segundos emitindo determinado padrão de onda cerebral (amplitude em μV) são necessários para que o software de neurofeedback reforce positivamente o treinando com algum tipo de recompensa (pontuação, sons, gráficos coloridos, etc.)?

Há tipicamente três critérios básicos para o ajuste dos limiares. O primeiro consiste em fixar os valores limiares (amplitude e duração) no início do treinamento e permanecer com eles por todo ou grande parte do treinamento (o que pode durar semanas). A idéia básica desse critério é a de que, após uma avaliação inicial, esses valores são considerados os adequados para o treinando e, portanto, não devem ser modificados. A vantagem desse critério é a previsibilidade e o crescente senso de auto-confiança que se desenvolve no treinando em função dessa previsibilidade (COLLURA, 2001a).

A segunda possibilidade é a de ajustar os limiares no início de cada sessão de treinamento e mantê-los fixos durante toda a sessão. O treinando é informado acerca dos valores e tentará alcançar o objetivo

pré-determinado para aquela sessão. O grau de dificuldade poderá aumentar então de sessão para sessão.

O critério mais radical seria o de modificar os valores limiares regularmente, de forma a manter o treinando num esquema de reforçamento a taxa constante. Por exemplo, os valores limiares poderiam ser modificados a cada dois minutos, de forma a manter o treinando recebendo reforço numa certa taxa por período de tempo, tal como 20%. Para manter essa taxa, os valores limiares podem ser aumentados ou rebaixados, de forma a manter estável a motivação do treinamento, independentemente do grau de dificuldade de cada etapa.

Finalmente, algumas considerações acerca do plano geral de treinamento. A maioria dos autores indica que uma típica sessão de treinamento pode variar entre 30 minutos e uma hora. No caso específico do neurofeedback, recomenda-se adicionalmente a subdivisão deste período em ciclos ainda menores intercalando trabalho e repouso. Alguns aparelhos interrompem automaticamente o treinamento após 2 ou 3 minutos, para dar ao treinando a chance de analisar seu próprio desempenho. Esses intervalos proporcionam a oportunidade para o indivíduo relaxar, numa situação em que a concentração sustentada pode demandar um esforço considerável.

Além disso, certos autores (p. ex., NORRIS & CURRIERI, 1999) têm demonstrado que esses micro-períodos são extremamente importantes para o resultado final do treinamento: os indivíduos que

obtém os melhores resultados parecem ser aqueles que aprendem a intercalar períodos de grande concentração e períodos de intenso relaxamento.

Em relação à frequência do treinamento, parece não haver nenhuma restrição ou recomendação geral. LAIBOW (1999) relata ter obtido excelentes resultados em seus anos de prática clínica com atendimentos de três a quatro vezes por semana. PENISTON & KULKOSKI (1991), ao tratar veteranos da guerra do Vietnã com síndrome do stress pós-traumático relataram o sucesso do tratamento intensivo com pacientes internados e intervenções duas vezes por dia, cinco dias por semana. BAEHR et al. (1999), COLLURA (2000, 2001a) e WHITE (1999) mencionam seus bons resultados com a frequência clássica da psicoterapia: uma ou duas vezes semanais.

Não parece haver, portanto, um limite máximo de frequência para o treinamento, devendo-se, obviamente respeitar o bom senso e as características individuais dos sujeitos. Por outro lado, nenhum dos autores pesquisados relatou uma frequência inferior a uma sessão de treinamento semanal, o que indica possivelmente a perda dos ganhos de aprendizagem quando os intervalos entre as sessões tornam-se longos demais, prejudicando a aquisição do auto-controle fisiológico. A tabela 1.3, a seguir, mostra algumas das possibilidades de protocolos experimentais relatados por alguns autores.

Tabela 1.3 – Exemplos de Protocolos Experimentais

Objetivo	Tipo de Montagem	Posicionamento dos Eletrodos	Ritmo Reforçado	Ritmo Suprimido
Atenção (p. ex., DA/DAH) (4)	Monopolar	C3 (Ativo) A1 ou A2 (Indiferentes)	SMR (Beta Inferior)	Teta
Depressão (5)	Bipolar	F3 (Ativo) F4 (Ativo) CZ (Terra) A1 e A2 (Indiferentes)	Alfa (assimetria)	---
Desempenho Esportivo (2)	Bipolar	C3 (Ativo) C4 (Ativo) CZ (Terra) A1 e A2 (Indiferentes)	Alfa (coerência)	---
Desempenho Intelectual (3)	Monopolar	PZ (Ativo); Alternativas: P4 ou O2; A1 ou A2 (Indiferentes)	Alfa Superior (11–13 Hz)	---
Distúrbio Dissociativo (6)	Monopolar	Depende da Fase (ver nota em [6])	Idem	idem
Integração Funcional do SNC (7)	Monopolar	Depende da Fase (ver nota em [7])	Idem	Idem
Manejo do Stress (3)	Monopolar	Cz (Ativo) A1 ou A2 (Indiferentes)	Alfa	Beta
Relaxamento Profundo (2)	Monopolar	Cz (Ativo); A1 ou A2 (Indiferentes);	Alfa / Teta	---
Stress Pós-Traumático (1)	Monopolar	O1 (Ativo); Alternativas: Cz, Pz ou O2; A1 ou A2 (Indiferentes);	Alfa / Teta	

Proponentes:

(1) PENNISTON & KULKOSKY (1990, 1991, 1999); WHITE (1999);

(2) COLLURA, 1991, 1991a;

- (3) NORRIS & CURRIERI, 1999;
- (4) LUBAR, 1995; LUBAR & LUBAR, 1999;
- (5) BAEHR et al., 1999;
- (6) BROWNBACK & MASON, 1999;¹⁵
- (7) BROWN, 1995¹⁶;

1.6 – Neurofeedback e as Funções Cognitivas

Há relativamente poucos estudos relacionando o procedimento de neurofeedback e o desempenho de funções cognitivas, à exceção, é claro, dos inúmeros estudos sobre a atenção e, mais particularmente, sobre o tratamento do Distúrbio do Déficit de Atenção e Hiperatividade (DDA/DDAH) (p.ex., LUBAR, 1995; LUBAR & LUBAR, 1999; POTASHKIN & BECKLES, 1990; ROSSITER & LAVAQUE, 1995; TANSEY, 1993, etc.).

Dentre os estudos clássicos, podemos citar o trabalho de MUNDY–

¹⁵ O chamado “*Protocolo Brownback-Mason*” é realizado em três fases ou estágios. Cada fase possui um tipo diferente de colocação de eletrodos e de ritmos a serem treinados e suprimidos. Por exemplo, a fase I é destinada ao treinamento de alfa sobre Cz ou F4. A fase II treina todos os pontos centrais, temporais e parietais com alfa e beta. Na fase III, as ondas teta são incentivadas sobre os pontos do polo central (Fp1 e Fp2).

¹⁶ Idem à nota anterior, desta vez em relação ao protocolo desenvolvido pelo Dr. Valdeane Brown, com cinco fases. Por exemplo, na Fase I, ocorre a supressão da sub-frequência teta (3-5 Hz) e o reforço de SMR (14 Hz). Na fase II busca-se ampliar a faixa SMR e beta superior (18-20Hz). A fase III envolve o treinamento das ondas alfa (8-12Hz). Na fase IV, das ondas alfa e teta (4-10Hz) e, finalmente, na fase V, a sincronia dos dois hemisférios cerebrais nas frequências alfa e SMR (8-15Hz). Todos os treinamentos são realizados sobre Cz. (1995).

CASTLE (1958) que descobriu uma alta correlação ($r=0,51$, $p<0,05$) entre a frequência alfa dominante (distribuída por todas as regiões corticais) e o Quociente de Inteligência (Q.I.). SAUNDERS (1961), da mesma forma, encontrou uma pequena mas significativa correlação entre a mesma frequência e o desempenho no item “Números” da Escala de Inteligência Wechsler–Bellevue (WBI).

Posteriormente, GIANNITRAPANI (1969), ao dividir dezoito estudantes em dois grupos de acordo com o Q.I. obtido na Escala Wechsler de Inteligência Adulta (WAIS), verificou que os mais dotados (Q.I. entre 119 e 143) apresentavam maior quantidade do ritmo alfa dominante na região cerebral frontal esquerda do que os menos dotados (Q.I. entre 93 e 118). O mesmo autor, anos mais tarde, verificou, num estudo com 56 sujeitos entre 11 e 13 anos, que a frequência SMR (12 – 15 Hz) na área central (C3, CZ e C4 [ver Figura 1.8]) possuía forte correlação com os escores mais altos do Q.I. Verbal do WISC (GIANNITRAPANI, 1988). No que se refere a este tópico, LURIA (1990, apud BUDZYNSKY et al., 1999)¹⁷ já observava que lesões ocorridas nesta região produziam déficits intelectuais relacionados às habilidades de sintetização e automatização da atividade mental. Por outro lado, NETTO (1979) realizou um trabalho criticando a chamada “experiência-alfa”, na qual os sujeitos relatavam uma sensação subjetiva de melhoria no desempenho intelectual geral quando

¹⁷ LURIA, A. R. & TSVETKOVA, L. S. (1990). *The neuropsychological analysis of problem solving*. Orlando: Paul M. Deutsch Press.

acreditavam estar emitindo o ritmo alfa dominante. Em seu estudo, concluiu não haver relação entre esta sensação subjetiva e a dominância de alfa na região occipital.

Mais recentemente, VOGT, KLIMESCH & DOPPELMAYR (1998) e KLIMESCH, VOGT & DOPPELMAYR (1999) verificaram que indivíduos com bom desempenho de memória possuem uma maior preponderância do ritmo alfa superior (10–12,5 Hz) do que as pessoas com desempenho inferior de memória.

Todos os estudos citados, no entanto, apenas buscaram correlacionar dados eletroencefalográficos quantitativos com diferentes formas de desempenho cognitivo ou mesmo com a inteligência. Poucos estudos foram realizados com o intuito de interferir ativamente na produção de determinadas frequências de ondas em regiões corticais específicas e mensurar os resultados deste procedimento sobre o desempenho intelectual.

Dentre os estudos realizados com as características citadas acima, podemos citar a pesquisa de RASEY et al. (1996) na qual avaliaram o treinamento das ondas beta (16–22 Hz) e inibição de alfa/teta (6–10 Hz) sobre o desempenho atencional em estudantes universitários. Devido ao pequeno número de sujeitos que terminaram o treinamento ($n = 4$) e a problemas de implementação da pesquisa, os resultados encontrados foram inconclusivos. BUDZYNSKI et al. (1999) realizaram estudo similar, embora não utilizando o neurofeedback mas

sim outra técnica que não proporcionava aprendizagem (estimulação eletro-ótica). Seus resultados indicaram que sujeitos apresentando o ritmo SMR sobre o córtex sensoriomotor e o ritmo alfa na região frontal apresentam uma melhoria geral na memória e no desempenho mensurado por testes de fator **g**. Finalmente, KAISER (1999) ao estudar o impacto do treinamento do ritmo SMR em crianças portadoras de deficiência atencional leve (não ao ponto de serem classificadas como portadoras de DDA/DDAH), concluiu que as mesmas obtiveram significantes melhorias no desempenho das funções cognitivas superiores.

Como o objetivo do presente trabalho é o de verificar a correlação entre o ritmo SMR (com inibição de teta) e os processos atencionais, mnemônicos e o desempenho cognitivo geral em adultos normais, torna-se necessário tecer algumas considerações fundamentais acerca desses últimos.

1.6.1 – Atenção: Conceito e Definição

A **atenção** talvez seja um dos mais antigos constructos teóricos na Psicologia e, mesmo antes, na própria filosofia. Para permanecermos apenas na primeira, desde há um século William JAMES (1890) já afirmava:

Todos sabemos o que é a atenção. É tomar posse, através da mente, de uma forma clara, de um dentre vários objetos ou cadeias de pensamentos simultâneos possíveis. A focalização e a concentração da consciência são sua essência. Isso implica no abandono de certas coisas para que se possa lidar efetivamente com as outras (pp. 403–404).

A importância deste conceito tem oscilado consideravelmente em função dos diversos paradigmas vigentes em cada época na Psicologia. Contudo, ao contrário do que imaginava William James, cada vez mais compreendemos que, na realidade, não sabemos com toda a certeza o que é a atenção. Em seu início, a Psicologia científica priorizava o estudo da consciência através do método da introspecção analítica, sendo a atenção um tema central para a compreensão do comportamento humano (PELLEGRINI, 1988). Já no início deste século, os primeiros behavioristas, por reputarem a introspecção como um método não confiável, priorizando a sua substituição por

procedimentos de medida objetiva do comportamento humano, ignoraram de certa forma a atenção, que somente veio recobrar sua importância com a ascensão do novo paradigma cognitivista a partir dos anos cinqüenta (EYSENCK & KEANE, 1994; HABERLANDT, 1997; STERNBERG, 2000).

1.6.2 – Atenção e Processamento da Informação

O primeiro autor a tratar do tema neste paradigma foi Broadbent, com a publicação de sua obra intitulada *Perception and Communication* em 1958 (EYSENCK & KEANE, 1994). Sua teoria defendia a tese da existência de uma espécie de *filtro*, através do qual os estímulos ambientais passariam, com o objetivo de evitar a sobrecarga dos mecanismos processadores desses *inputs* sensoriais. Este *filtro atencional*, como foi denominado, permitiria a passagem de apenas uma informação de cada vez, dependendo de certos fatores como as características físicas do estímulo (intensidade, magnitude, etc). Os estímulos não selecionados pelo filtro tenderiam a ser ignorados pelo aparato de processamento da informação. Tal modelo, entretanto, não permaneceu incólume por muito tempo, uma vez que, poucos anos adiante, novas teorias vieram a demonstrar a importância dos estímulos não atendidos (barrados pelo suposto filtro atencional). TREISMAN (1960), por

exemplo, desenvolveu a idéia de *atenuação*: os estímulos não atendidos seriam efetivamente processados cognitivamente (de uma forma mais grosseira ou superficial, contudo) e mais ainda, tal processamento freqüentemente afetaria o comportamento das pessoas. A idéia da atenuação provou ser bastante profícua, recebendo igualmente uma grande base de sustentação empírica através de numerosos estudos experimentais (UNDERWOOD, 1993).

Outra teoria desenvolvida logo em seguida (DEUTSCH & DEUTSCH, 1963) refutava a idéia da atenuação defendendo o argumento de que todos os estímulos seriam processados integralmente. A seleção ocorreria em função da importância do estímulo no contexto perceptual, sendo que o processamento responsável por tal seleção teria lugar no bojo do próprio processamento cognitivo da informação e não ao nível de um pretenso filtro situado no processo de percepção.

Superando os debates acerca do local onde ocorreria a seleção dos estímulos ambientais surge uma nova proposta (JOHNSTON & HEINZ, 1978; JOHNSTON & WILSON, 1980), advogando a idéia de que talvez não haja um *locus* exato para a atenção. Flexibilizando as teorias anteriores, Johnston e seus colegas estabeleceram que a seleção dos estímulos poderia ocorrer em diversos momentos diferentes do espectro percepção-

processamento da informação. Entretanto, a seleção ocorreria tanto antes quanto possível (dependendo das circunstâncias e das condições específicas do organismo em um dado momento), respeitando sempre a regra do mínimo esforço cognitivo segundo a qual o organismo busca sempre a melhor solução, em termos de tempo e energia, no que se refere ao processamento da informação. Vários experimentos forneceram suporte empírico a essas idéias (p. ex., veja-se os experimentos relatados em EYSENCK & KEANE, 1994).

Outro modelo proposto aproximadamente na mesma época (SCHNEIDER & SCHIFFRIN, 1977; SCHIFFRIN & SCHNEIDER, 1977) chamava a atenção para a estreita relação de interdependência entre atenção e memória. Para esses autores a atenção seria regulada por meio da manipulação das informações que entram e saem da memória de curto prazo¹⁸. Assim, haveria dois tipos distintos de processos atencionais: os controlados e os automáticos; enquanto o processamento automático consistiria na ativação de elementos da memória que é iniciada por estímulos ambientais e continuam sem o controle do indivíduo, o processamento controlado requereria a atenção consciente da parte do sujeito, sendo entretanto, um tipo de processamento limitado em sua capacidade (o que não ocorre com os processos

¹⁸ A memória será discutida logo mais, no item 1.6.5.

automáticos, cujo limite de processamento parece não sofrer limitações) (PELLEGRINI, 1988). Embora Scheneider e Schifffrin (1977, SCHIFFFRIN & SCHNEIDER, 1977) tenham examinado esses processos automáticos e controlados apenas no contexto da percepção e processamento da informação visual, outros estudos parecem corroborar suas conclusões também no que se refere ao processamento das informações auditivas (POLTROCK, LANSMAN & HUNT, 1982).

1.6.3 – Conceituação Recente Acerca da Atenção

A atenção é entendida, de uma forma geral, como um estado seletivo, intensivo e dirigido da percepção, envolvendo um esforço de concentração mental sobre eventos sensoriais ou intrapsíquicos (PELLEGRINI, 1988). RÜTZEL a definiu como “um processo de seleção: a percepção e a imaginação interna são dirigidas, focalizadas, fixadas e concentradas simultaneamente em um estímulo específico, ou seja, em conteúdos do pensamento e da imaginação” (1977, apud CRATTY, 1989, p. 49)¹⁹. Para SCHUBERT (1981 apud SAMULSKY, 1995)²⁰, a atenção “é um estado

¹⁹ RÜTZEL, E. (1977). Aufmerksamkeit. In: T. Herrmann et al. (Ed.). **Handbuch psychologischer Grundbegriffe**. München: Koesel.

²⁰ SCHUBERT, F. (1981). **Psychologie zwischen Start und Ziel**. Berlin: Sportverlag.

consciente através do qual uma pessoa dirige processos psíquicos sobre um determinado objeto, pessoa ou ação” (p. 36).

Mais recentemente, o Modelo Bidimensional da Atenção (MBA) proposto por NIDEFFER (1976, 1998), tem se mostrado bastante útil em diversos campos aplicados (p. ex., na Psicologia esportiva e na Psicologia clínica). Neste modelo, duas dimensões são consideradas: a amplitude e a direção da atenção. A primeira dimensão se relaciona com a quantidade de estímulos ou informações com as quais o indivíduo tem que lidar: a atenção, sob esta ótica, pode ser focalizada (concentração da atenção em um único estímulo) ou distribuída (distribuição da atenção sobre vários estímulos simultâneos). A segunda dimensão relaciona-se à direção ou sentido dado a atenção: pode-se voltar a atenção para o ambiente (atenção externa) ou para o próprio organismo (atenção interna).

As demandas de cada situação fazem com que o indivíduo alterne sua atenção de acordo com as quatro possibilidades básicas propostas pelo MBA. A Figura 1.10 mostra essas quatro possibilidades, as funções e as desvantagens de cada forma de atenção segundo NIDEFFER (1998).

Figura 1.10 – As diferentes formas da atenção segundo o MBA

1.6.4 – Aspectos Eletrofisiológicos Básicos da Atenção

Do ponto de vista biológico parece estar razoavelmente estabelecido que as principais estruturas cerebrais relacionadas à atenção são a formação reticular, o tálamo, o córtex frontal e o córtex parietal posterior, uma vez que estudos eletrofisiológicos em macacos

têm demonstrado um aumento da atividade neuronal nessas áreas quando os animais olham ou se aproximam de objetos relevantes tais como comida, se têm fome, ou água, se têm sede (BRANDÃO, 2001).

No entanto, de todas as regiões acima relacionadas, a formação reticular²¹ parece desempenhar o papel mais essencial no que se refere aos processos atencionais: a condição mais fundamental para a existência desses processos – o *estado de alerta* – está sob o controle do *sistema ativador reticular ascendente* (conhecido sob a sigla SARA), situado no tronco encefálico (mesencéfalo). As drogas que deprimem (p. ex., barbitúricos) ou excitam (p. ex., cafeína) esse sistema, atuam diretamente sobre o processo de atenção (MARROCCO & DAVIDSON, 1998).

As fibras ascendentes do SARA projetam-se para núcleos específicos do tálamo e, dali, para o córtex, regulando a sua ativação. Esse sistema controla uma variedade de funções da consciência, tais como o sono, a vigília e o despertar, a atenção, dentre outras.

Os processos de atenção portanto, parecem ocorrer numa seqüência mediada por diferentes sistemas cerebrais que incluem: a) o SARA, responsável pelo controle do nível de consciência e dos mecanismos de alerta que preparam o indivíduo para reagir aos estímulos externos; b) o tálamo, lócus de convergência das projeções

²¹ Região que engloba toda a extensão do tronco cerebral (bulbo, ponte e mesencéfalo [ver Figura 1.4, pág. 17]) em que se nota a presença de diversas áreas de neurônios difusos, conhecidas coletivamente com o nome de formação reticular (YOUNG & YOUNG, 1998).

do SARA, envolvido nos processos de mediação entre as estruturas cerebrais “inferiores” (núcleos subcorticais, mesencéfalo, medula, etc.) e “superiores” (córtex associativo, sensorial e motor); c) Córtex pré-frontal, relacionado à regulação das atividades de atenção seletiva; e d) Córtex parietal, relacionado à fixação visual e atenção direta a objetos significativos (JOSEPH, 1996).

A neurobiologia dos estados de vigília encontra-se muito além dos propósitos deste trabalho, todavia, algumas observações gerais acerca da eletrofisiologia da atenção fazem-se necessárias. Primeiramente, cumpre ressaltar a grande quantidade de estudos realizados correlacionando a prevalência das ondas lentas (delta, teta e, até certo ponto, alfa) com o baixo desempenho atencional, dentre os quais podemos citar o clássico estudo de DANIEL (1967 apud PARASURAMAN, WARM & SEE, 1998) que observou que a predominância do ritmo teta no EEG aumentava a probabilidade dos sujeitos não detectarem estímulos importantes num teste de atenção.

Segundo, desde os estudos pioneiros de Stearman ao final dos anos sessenta (ver item 1.3) até os mais recentes desenvolvimentos das pesquisas sobre o neurofeedback (p. ex., ABARBANEL, 1999; COLLURA, 2001, 2001a; LUBAR, 1995; LUBAR & LUBAR, 1999; RASEY, 1996), há fortes evidências acerca da alta correlação entre o bom desempenho atencional e o ritmo SMR.

1.6.5 – Memória

Outro constructo bastante antigo na Psicologia é a memória. Embora tenha sido objeto de indagação desde os gregos antigos (*"...lembrar de que uma palavra ouvida permanece menos tempo inscrita na mente de uma pessoa do que aquilo que é visto por ela"*, Horácio, *Ars Poetica*, 8 a.C.) – foi o filósofo e psicólogo alemão Hermann Ebbinghaus (1850 – 1909) o primeiro a conduzir estudos sistemáticos sobre o tema, que redundaram na publicação de sua obra clássica *Concerning Memory*, em 1885. Os estudos experimentais de Ebbinghaus o levaram a instituir o princípio básico de que a quantidade de informações lembradas dependia do tempo consumido no aprendizado (SQUIRE & KANDEL, 1999). Desde aquela época, diversos modelos e teorias têm surgido no âmbito da Psicologia e da Neurofisiologia, sendo que a história desses desenvolvimentos pode ser encontrada com facilidade em diversos autores contemporâneos (p.ex., EYSENCK & KEANE, 1994; SQUIRE & KANDEL, 1999; STERNBERG, 2000; dentre outros).

O modelo do processamento da informação e suas variantes constituem-se, atualmente, no conjunto de idéias que mais se aproxima de um consenso sobre o tema (GAZZANIGA, IVRY & MANGUN, 1998; STERNBERG, 2000). Segundo esse modelo, existe uma estreita

relação entre memória e aprendizagem: “a aprendizagem é o processo através do qual adquirimos informações novas, enquanto a memória refere-se à persistência desse aprendizado num estado tal que seja possível a recuperação dessa informação num momento posterior” (SQUIRE, 1987, p. 72). Ou seja, a aprendizagem de qualquer evento exige três etapas: codificação (entrada da informação no cérebro), armazenamento (conservação da informação) e recuperação (saída da informação, na forma de comportamento).

No que se refere ao tempo de retenção da informação, a memória poderia ser classificada em memória sensorial (SPERLING, 1960 apud STERNBERG, 2000²²), memória imediata ou de curto prazo e memória de longo prazo. Aquela primeira possui um tempo de duração que varia de milisegundos a segundos (como quando nos recordamos de algo que acaba de nos ser dito, quando não estamos prestando atenção, ou então quando batemos uma mão contra a outra e por instantes nos lembramos da sensação corporal remanescente desse evento). A memória sensorial é, portanto, extremamente fugaz. Alguns autores distinguem-na ainda segundo sua origem sensorial: icônica (visão) (SPERLING, op. cit.), ecóica (audição) (COWAN, 1994), e somatosensorial (olfativa, gustativa e tátil)²³.

A memória de curto prazo está associada a retenções ao longo de

²² SPERLING, G. (1960). The information available in brief visual presentations. ***Psychological Monographs: General and Applied***, 74: 1-28.

²³ Tal nomenclatura, posteriormente, acabou sendo generalizada para designar a origem sensorial em todos os âmbitos da memória: sensorial, curto prazo e longo prazo (SQUIRE, 1999).

segundos a alguns minutos (lembrar um número de telefone o tempo suficiente para poder discá-lo, depois de ouvi-lo de outra pessoa, por exemplo). A memória de longo prazo, por outro lado, refere-se aos armazenamentos por dias e até anos, de eventos que aconteceram há muito tempo (na infância, por exemplo) ou na semana passada.

Um quarto constructo também tem sido objeto de controvérsia entre os psicólogos: a memória de trabalho. Este conceito, inicialmente desenvolvido por BADDELEY (1986), freqüentemente é considerado como sinônimo da memória de curto prazo (p. ex., em SQUIRE, 1999). Alguns autores, todavia, defendem a idéia de que a memória de trabalho constituir-se-ia numa parte da memória de longo prazo e na totalidade da memória de curto prazo, “que abrange todo o conhecimento de fatos e de procedimentos que tenha sido recentemente ativado na memória, inclusive a breve e transitória memória de curto prazo e seus conteúdos” (STERNBERG, 2000, p. 215). A memória de trabalho seria, então, a parte ativa da memória (de longo prazo e de curto prazo) em um dado momento.

De qualquer forma, aquilo que a maioria dos autores denomina genericamente de memória de curto prazo (MCP), costuma estar associada ao próprio centro da consciência humana, uma vez que armazena os fatos fundamentais que estarão sendo manipulados pelo cérebro durante o próprio processo de raciocínio, ou, como resume RAINHO (2001), “embora haja relativa independência entre memória e

inteligência (não devemos incidir no erro de considerar inteligente quem apenas memoriza com facilidade), nenhum comportamento inteligente seria possível sem memória” (p. 8).

A memória de longo prazo (MLP), por sua vez, tem igualmente sido objeto de importantes conceituações. TULVING & SCHACTER (1990), por exemplo, postularam uma divisão da MLP em memória explícita e memória implícita. A primeira referir-se-ia aos conhecimentos que sabemos que possuímos e que, portanto, conseguimos declarar e explicar a outrem. A memória implícita (ou tácita) estaria relacionada aos conhecimentos dos quais não temos consciência (conhecimentos ligados a procedimentos, como andar de bicicleta ou comportamentos condicionados operante ou respondentemente, por exemplo). SQUIRE (1987), SQUIRE & KANDEL (1999) e COHEN & EICHENBAUM (1993 apud GAZZANIGA, IVRY & MANGUN, 1998²⁴) referem-se a esses mesmos constructos, porém nomeando-os de memória declarativa e não-declarativa, respectivamente.

Finalmente, SQUIRE & KANDEL (1999), propõem uma taxionomia geral para a MLP (ver figura 1.11), que subdivide ainda a memória declarativa (ou explícita) em memória semântica (memória dos fatos e conhecimentos de carácter geral e conhecidos por todos) e memória episódica (eventos ou episódios experimentados de maneira pessoal).

²⁴ COHEN, N. J. & EICHENBAUM, H. (1993). ***Memory, amnesia and the hippocampal system***. Cambridge: MIT Press.

A memória não-declarativa (implícita), por sua vez, subdividir-se-ia também segundo o tipo de conhecimento armazenado: habilidades motoras, *priming*²⁵, disposições (efeitos de condicionamentos operantes e respondentes) e processos não-associativos (habituação e sensibilização²⁶, por exemplo).

²⁵ Termo da Psicologia Cognitiva que refere-se à melhora na capacidade de identificação ou processamento de um estímulo como resultado do mesmo ter sido previamente observado. Por exemplo, podemos mostrar a um indivíduo uma série de fotografias com rostos desconhecidos e, posteriormente, pedir para que ele identifique àqueles rostos misturados em meio a uma nova série de fotografias (GAZZANIGA, IVRY & MANGUN 1998). *Priming* também refere-se à percepção de estímulos subliminares (SQUIRE & KANDEL, 1999).

²⁶ Formas simples de aprendizado não-associativo no qual um sujeito aprende sobre as propriedades de um estímulo único. Na **habituação**, o sujeito aprende a ignorar esse tipo de estímulo, diminuindo sua resposta ao mesmo, com o tempo. No processo de **sensibilização** (ou **sensitização**, conforme alguns autores [p. ex., KANDEL, SCHWARTZ & JESSEL, 1997]), ocorre o oposto.

Figura 1.11 – Esquema Geral da Memória de Longo Prazo (MLP)

Sob a ótica neurofisiológica, por estar de forma tão fortemente associada aos processos de aprendizagem, a memória não se encontra localizada em uma única estrutura cerebral. De fato, cada subdivisão do sistema de memória visto acima parece estar associada a diferentes regiões e processos cerebrais. A partir dos estudos das patologias da memória (p. ex., as diversas formas de amnésia), essas relações foram sendo hipotetizadas. Assim, o aprendizado e a retenção de novas informações acerca da história autobiográfica de um indivíduo (memória episódica) parecem encontrar suporte nas estruturas cerebrais localizadas na região medial dos lobos temporais, bem como em certas partes do diencefalo (EICHEMBAUM, 1999). Danos nessas

regiões impedem a formação de novas memórias explícitas (GAZZANIGA, IVRY & MANGUN, 1998). Lesões na região do córtex pré-motor podem ocasionar dificuldades com a MCP (Idem), e assim por diante. A figura 1.12 oferece um resumo dessas relações.

Figura 1.12 - Diagrama Geral da Relação Memória / Substrato Cerebral²⁷

²⁷ Parcialmente adaptado de GAZZANIGA, IVRY & MANGUN, 1998; KANDEL, SCHWARTZ & JESSEL, 1997 e SQUIRE & KANDEL, 1999.

1.6.6 – Desempenho Cognitivo Geral

Embora a acepção corrente do termo “desempenho cognitivo” possa estar de alguma forma relacionada a componentes de natureza afetiva e conativa (STANKOV & CRAWFORD, 1997), localizando esse conceito em algum ponto indeterminado do *continuum* cognição–personalidade, para efeitos do presente estudo, adotar-se-á um significado mais específico e determinado.

Para efeitos teóricos e operacionais, assume-se que desempenho cognitivo geral refere-se aqui a composição das duas capacidades mentais básicas componentes do chamado “fator geral” (ou simplesmente *g*), a saber, a capacidade edutiva e a capacidade reprodutiva, associadas à capacidade mnemônica e de concentração.

Proposto desde há décadas por Charles Spearman (1923, 1927 apud RAVEN, COURT & RAVEN, 1994)²⁸, o fator *g* refere-se à própria inteligência do indivíduo, podendo ser definido, de uma forma geral, como “a capacidade para aprender a partir da experiência, usando processos metacognitivos para melhorar a aprendizagem, e a capacidade para adaptar-se ao ambiente circundante, que pode exigir diferentes adaptações dentro de diferentes contextos sociais e culturais” (STERNBERG, 2000, p. 400).

A capacidade edutiva refere-se especificamente ao processo de

²⁸ SPEARMAN, C. (1923). *The nature of 'intelligence' and the principles of cognition*. London, England: McMillan; SPEARMAN, C. (1927). *The abilities of man*. London: England: McMillan.

edução, ou seja, o processo através do qual se extrai um significado de uma situação confusa ou desestruturada, através do reconhecimento perceptual de um problema inserido num contexto maior e da análise das relações entre seus componentes. Eduzir relações, no entanto, refere-se a uma operação mental geralmente não verbal (RAVEN, COURT & RAVEN, 1994). Desta forma, a capacidade de educação não possui poder explicativo suficiente para abarcar todo o conceito de **g**.

Para ilustrar melhor esta idéia, pode-se citar os estudos de BROADBENT e ASTON (1978, apud ANGELINI et al., 1999)²⁹ que demonstraram a inexistência de relação entre a capacidade para manipular uma simulação de computador da economia britânica e a capacidade para formular verbalizações acerca da mesma.

As habilidades verbais encontram-se mais ligadas à segunda capacidade componente de **g** citada anteriormente, denominada reprodutiva. A atividade mental reprodutiva refere-se então à apreensão, memorização e reprodução de materiais (em sua maioria verbais) oriundos do contexto cultural e social maior no qual o indivíduo se insere (RAVEN, COURT & RAVEN, 1994).

O fator **g** então, para efeitos práticos, constitui-se na habilidade para lidar com a complexidade cognitiva, e em particular com o processamento de informações complexas, típicas da vida profissional e acadêmica de nosso tempo (GOTTTFREDSON, 1996).

²⁹ BROADBENT, D. E. & ASTON, B. (1978). Human control of a simulated economic system. *Ergonomics*, 21, 12, 1035-1043.

A capacidade geral de concentração (ou atenção), por outro lado, não se confunde com o conceito de inteligência ou fator *g* (BRICKENKAMP, 1990). Seria lógico pressupor, no entanto, a existência de alguma relação entre eles. Os estudos mais antigos acerca deste tópico são, de certa maneira, inconclusivos: SMITH & BARON (1981) relatam ter obtido uma forte correlação entre o desempenho nas Matrizes Progressivas de Raven (MPR) e uma tarefa atencional de classificação desenvolvida por eles. GOPHER (1982), no entanto, não encontrou nenhuma evidência de correlação nesse sentido. Mais recentemente, ARTHUR, BARRET & DOVERSPIKE (1990) encontraram uma relação significativa entre os escores nas MPR e o Teste de Atenção Auditiva Seletiva (*Auditory Selective Attention Test, ASAT*), e HUTTON, WILDING & HUDSON (1996), num estudo realizado com 49 crianças entre 8 e 11 anos de idade, encontraram moderada correlação ($r = 0,49$, $p < 0,05$) entre o desempenho nos Testes da Atenção Cotidiana (*Tests of Everyday Attention, ETA* [ROBERTSON et al., 1994 apud HUTTON, WILDING & HUDSON, 1996]³⁰) e os escores obtidos nas Matrizes Progressivas Coloridas de Raven. Os processos pré-atentivos (atividades que precedem o processamento cognitivo consciente, tais como a percepção) também demonstraram possuir correlação significativa com as habilidades cognitivas superiores e a inteligência (SCHWEIZER, 2001).

³⁰ ROBERTSON, I., et al. (1994). *Tests of everyday attention manual*. New York: Thames Valley.

Numa abordagem mais neurofisiológica, NAKAGAWA (1996) desenvolveu a idéia de que as tarefas cognitivas normalmente mensuradas pelos testes de fator **g**, exigem a coordenação de áreas cerebrais componentes dos substratos neurofisiológicos responsáveis pela atenção discutidos anteriormente (ver item 1.6.4). Desta forma, hipotetizou que o desempenho da inteligência seria mais eficiente naquelas pessoas que conseguissem balancear os processos atencionais em ambos os hemisférios cerebrais. A partir de dois experimentos realizados, o autor concluiu que os resultados sugerem uma significativa relação entre a simetria hemisférica atencional e a inteligência, medida pelas MPR.

Finalmente, BEN-SHAKHAR & SHEFFER (2001), também sugerem a existência de evidências no sentido de corroborar os estudos citados acima, estabelecendo uma correlação positiva entre a habilidade para dividir a atenção (no contexto da atenção distribuída, no modelo MBA de NIDEFFER [1998]) e o desempenho geral em testes de inteligência.

A relação entre inteligência e memória, por outro lado, há muito tem sido explorada pela Psicologia Cognitiva, uma vez que, como já apontado anteriormente (ver item 1.6.5), “nenhum comportamento inteligente seria possível sem memória” (RAINHO, 2001). De especial interesse, particularmente neste trabalho, é a MCP. Diversos estudos têm apontado sua relevância como fator preditivo do fator **g**. Nettelbeck e seus colaboradores (p. ex., NETTELBECK & LALLY, 1976;

NETTELBECK & RABBIT, 1992) sugeriram um indicador de inteligência baseado na velocidade da codificação visual para o armazenamento na MCP. Em experimentos realizados com adultos normais, descobriram que os tempos de inspeção mais curtos correlacionavam-se com escores mais altos em testes de inteligência (p. ex., várias sub-escalas do WAIS). Em crianças, SOLOMON et al. (1986), já haviam estabelecido uma correlação significativa ($r = 0,76$, $p < 0,01$) entre uma escala de memória e os escores obtidos no WISC (Escala Weschler de Inteligência Infantil).

CARPENTER, JUST & SHELL (1990) e JUST & CARPENTER (1992) defenderam a idéia da relevância das restrições na capacidade da memória de trabalho (cf. discutida no item 1.6.5) sobre a execução de tarefas cognitivas complexas como o teste das MPR e tarefas de compreensão lingüística. Com base em extensos dados experimentais, concluíram que os indivíduos com maior capacidade de memória de trabalho tendem a obter um desempenho superior em tarefas cognitivas complexas como as mencionadas acima.

FLORES-MENDOZA (1998), comparou o desempenho de deficientes mentais ($n=43$) e indivíduos normais ($n=27$) em tarefas cognitivas simples com os resultados das MPR. Dentre suas conclusões, eduziu que as medidas de retenção (MCP e MLP) relacionam-se positivamente com a inteligência psicométrica (fator g).

Mais recentemente, ROCKSTROH & SCUWEIZER (2001) relatam ter

realizado dois experimentos que sugerem a validade dessa tese. No primeiro, testaram 220 sujeitos voluntários do sexo masculino entre 18 e 40 anos de idade, e encontraram moderada correlação entre o desempenho da MCP ($r = 0,17$, $p < 0,05$) e MLP ($r = 0,32$, $p < 0,01$) com uma tarefa de raciocínio (*Leistungsprufsystem*, HORN [1983 apud ROCKSTROH & SCUWEIZER, 2001])³¹. Num segundo experimento, buscaram uma replicação (outra amostra com as mesmas características, $n=116$), e encontraram correlação entre a MCP ($r = 0,31$, $p < 0,01$) e MLP ($r = 0,29$, $p < 0,01$) e a mesma tarefa cognitiva, mas desta vez utilizando outros testes de memória.

Num outro estudo recente, ENGLE et al. (2001) relatam ter encontrado também uma forte relação entre a memória de trabalho e o desempenho em testes de inteligência fluída³². Finalmente, COLOM & FLORES-MENDOZA (2001), baseando-se em diversas evidências empíricas, sugerem que as diferenças individuais constatadas em g poderiam ser explicadas pelos conceitos cognitivos de capacidade e de velocidade associados à memória de trabalho.

³¹ HORN, W. (1983). *Leistungsprufsystem*. Gottingen, Germany: Hogrefe.

³² A inteligência **fluída** constitui-se na capacidade de raciocinar depressa, ao se resolver, por exemplo, problemas de lógica. Contrapõe-se à inteligência **cristalizada**, conhecimento acumulado pela pessoa e refletido em testes de vocabulário e analogias (HORN, 1982 apud STERNBERG, 2000).

II – JUSTIFICATIVA

Através de extenso levantamento bibliográfico realizado, verificou-se a escassez de pesquisas realizadas em nosso país abordando o tema biofeedback – e, em menor número ainda, sobre o neurofeedback³³. Dentre as exceções, cabe citar o estudo pioneiro (mestrado neste Instituto) de MYERHOF (1978) sobre o uso do biofeedback na modificação do comportamento motor de um adulto hemiplégico; de NETTO (1979), que investigou o fenômeno da “experiência-alfa” no qual comparou o desempenho de sujeitos universitários em tarefas cognitivas complexas durante a emissão de ondas alfa e a percepção subjetiva dos mesmos em relação ao seu desempenho; de FRANKOWIAK (1990) que buscou relacionar a atividade eletroencefalográfica e as funções cognitivas superiores mensuradas através do Teste de Rorschach e das MPR Escala Geral; e MINHOTO (1999), sobre a eficácia das técnicas EMG e EEG no tratamento das fibromialgias.

Fora do nosso país, notadamente nos EUA, há um grande número de trabalhos publicados sobre biofeedback, inclusive em revistas especializadas sobre o tema e indexadas no *Psychological Abstracts*, o

³³ Bases de dados consultadas: Sibi/USP (Dedalus), Biblioteca Digital de Testes (USP), Lilacs (Bireme), PAHO, Index Psi (PUCCAMP / Conselho Federal de Psicologia), SeCs e SciElo (Fapesp/Bireme) , com as palavras-chave “biofeedback” e “neurofeedback”, realizado em março de 2001.

principal índice da Psicologia (p.ex, *Biofeedback*, editada pela *Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback*, e *Journal of Neurotherapy*, da *Society for Neuronal Regulation*, ambas nos EUA). As pesquisas levantadas para este trabalho foram discutidas detalhadamente no item 1.6.

A despeito da grande importância do tema, essa escassez de estudos talvez se deva a fatores tais quais as dificuldades ligadas aos trâmites de importação dos equipamentos necessários à realização de pesquisas, bem como aos seus elevados custos, uma vez que não há produção nacional dos mesmos.

Tal estado de coisas tem resultado num quase desconhecimento desta técnica em nosso país, com a possível exceção de centros de excelência em inovação tecnológica, tais como o Laboratório do Sono da Universidade Federal de São Paulo, que tem recentemente conduzido pesquisas com equipamentos de ponta recém-adquiridos.

Não obstante os argumentos acima expostos, cumpre ressaltar, acima de tudo, a relevância intrínseca do tema em função igualmente de suas implicações. Conforme será relatado mais adiante, a confirmação das hipóteses apresentadas no item 3.2 indicam a possibilidade de se dispor de uma inovadora e importante estratégia de melhoria dos processos cognitivos para estudantes universitários. Estabelecidas as bases iniciais de discussão, novas questões de pesquisa apontarão para a necessidade de estudos que explorem outras possibilidades de aplicação, tais como trabalhos acerca da

aplicabilidade do método em outras populações (adultos idosos, crianças e adolescentes em idade escolar, portadores de deficiências de aprendizagem, etc.), e com outros objetivos (redução dos níveis de stress e diversas outras aplicações clínicas, discutidas no item 1.2), dentre outros.

Dessa forma, acreditamos que este trabalho possa vir a contribuir de forma positiva e oportuna para a criação de um espaço de discussão e experimentação da técnica do neurofeedback em nosso meio.

III – OBJETIVOS E HIPÓTESES

3.1 – Objetivos

O objetivo deste trabalho, de uma forma geral, foi o de verificar o efeito do treinamento através da técnica do neurofeedback do ritmo SMR (12 – 15 Hz) sobre o córtex sensoriomotor e a concomitante inibição do ritmo teta (4 – 8 Hz) na mesma área, sobre o desempenho cognitivo em adultos normais de nível universitário. Também constituiu-se em objetivo deste estudo discutir a relação entre atenção e memória e as capacidades edutivas e reprodutivas postuladas por SPEARMAN (1923, 1927 apud RAVEN, COURT & RAVEN, 1994), tais quais mensuradas através dos instrumentos discutidos nos itens 4.3 e 4.4, mais adiante.

Mais especificamente, constituem os objetivos:

- a) Testar o uso de um protocolo experimental específico de neurofeedback sobre a atenção, a memória e o desempenho cognitivo geral de sujeitos universitários; e
- b) Discutir a relação entre a atenção e a memória, e as capacidades edutivas e reprodutivas;

c) 3.2 – Hipóteses

A hipótese principal da pesquisa antecipa que o treinamento do ritmo SMR e inibição do ritmo teta sobre a região do córtex sensoriomotor através do neurofeedback incrementará de forma significativa o desempenho atencional, mnemônico e cognitivo geral dos sujeitos. As hipóteses estatísticas, derivadas da substantiva, estão formuladas em suas formas nula e alternativa:

- H_0 : O treinamento do ritmo SMR com inibição de teta através do neurofeedback incrementará de forma significativa o desempenho atencional, mnemônico e cognitivo geral dos sujeitos;
- H_1 : O treinamento do ritmo SMR com inibição de teta através do neurofeedback não incrementará de forma significativa o desempenho atencional, mnemônico e cognitivo geral dos sujeitos;

Como hipótese secundária, temos que os processos atencional e mnemônico constituem-se em determinantes importantes para todos os outros processos cognitivos superiores e que, portanto, uma melhora na eficiência daqueles primeiros implicará em significativa melhora desses últimos.

IV – MÉTODO

4.1 – Sujeitos

Participaram deste estudo 22 sujeitos adultos, de ambos os sexos, estudantes de uma instituição de ensino superior particular da cidade de São Paulo – SP, com nível superior em andamento ou completo, sem histórico de treinamentos anteriores em nenhuma modalidade de biofeedback e nenhum registro de doença neurológica ou distúrbio de aprendizagem, bem como nenhum histórico familiar de doença neurológica grave (ver questão 7 do Questionário de Identificação – Seção II, Saúde, Anexo I) (critérios básicos para a inclusão na amostra). Os sujeitos foram divididos aleatoriamente em dois grupos com igual número de integrantes: Experimental (GE) e Controle (GC). As médias de idade e distribuição por gênero e grupo podem ser observadas nas tabelas 4.1, 4.2 e 4.3.

Tabela 4.1 – Idade e Gênero - Grupo Experimental

	Média	Desvio	Mínimo	Máximo
Idade	25,10	3,96	20	31
Gênero	Seis homens e quatro mulheres ³⁴ (n = 10)			

O nível sócio-econômico foi avaliado de acordo com o critério da Associação Brasileira dos Institutos de Pesquisa de Mercado (ABIPME, 1994). Os sujeitos pertenciam às seguintes classes sociais: A (32,6%), B (55,1%) e C (12,3%).

Tabela 4.2 – Idade e Gênero - Grupo Controle

	Média	Desvio	Mínimo	Máximo
Idade	26,27	4,76	21	35
Gênero	Cinco homens e seis mulheres (n = 11)			

³⁴ Originalmente cinco mulheres.

Tabela 4.3 – Idade e Gênero - Sujeitos Participantes (GE/GC)

	Média	Desvio	Mínimo	Máximo
Idade	25,71	4,33	20	35
Gênero	Onze homens e dez mulheres (n = 21)			

Em relação aos critérios de exclusão da amostra, os sujeitos foram informados de que seriam desligados do experimento caso faltassem a dois ou mais dias contíguos do treinamento ou a quatro ou mais dias intercalados. Caso fossem excluídos do experimento, não teriam direito a receber a sessão final de aconselhamento e devolutiva dos testes de memória e atenção. Após três sessões do procedimento experimental, um dos sujeitos do GE foi excluído do experimento por motivo de saúde, antes mesmo de atingir o critério especificado acima. Todas as análises foram conduzidas levando-se em consideração, portanto, 10 sujeitos para o GE e 11 sujeitos para o GC.

4.2 – Material

Para o procedimento experimental de neurofeedback foi utilizado o módulo BrainMaster 2E (Amplificador digital EEG de dois canais com

conversor digital de 8 bits e interface serial RS-232 opticamente isolada), conectado através da porta serial (COM1) a um computador tipo “notebook” Compaq Presario 1200 (K6-II, 475Mz, 64Mb RAM, Monitor TFT Colorido de Matriz Ativa, 14’’). O software de neurofeedback utilizado foi o BrainMaster Software for Windows Release 1.9 (COLLURA, 2001), sob o sistema operacional Windows 98.

Para a montagem das derivações eletroencefalográficas, utilizou-se eletrodos convencionais tipo disco, folheados à ouro, reutilizáveis. A limpeza do escalpo foi realizada com o uso do gel abrasivo *NuPrep* (Laboratório D. O. Weaver) e a eletrocondutância garantida pelo uso da pasta atóxica *Ten20* (Laboratório D. O. Weaver), de uso corrente em procedimentos de derivação eletroencefalográfica.

A bateria de testagem foi composta pelos teste D2 (BRICKENKAMP, 1990), Matrizes Progressivas de Raven Escala Avançada (ANGELINI et al., 1999; RAVEN, 1965, 2000, 2001; RAVEN, COURT & RAVEN, 1994), Teste de Raciocínio Verbal V-47 (BOCCALANDRO, 1978) e Fator M da Bateria Fatorial CEPA (RAINHO, 2001). Nos testes nos quais a marcação de tempo fez-se necessária (D2 e Fator M), utilizou-se um cronômetro digital marca Technos, modelo Cronus C601X.

4.3 – Procedimento

Todos os sujeitos (GE e GC) foram submetidos a uma entrevista inicial cujo questionário básico encontra-se descrito no Anexo I, e, posteriormente, a uma bateria de testes aplicados individualmente na seqüência listada a seguir:

- a) Teste D2 de Atenção Concentrada (BRICKENKAMP, 1990);
- b) Fator M – Aptidão Mnemônica – Bateria CEPA, séries A e B (RAINHO, 2001);
- c) Teste V-47 de Raciocínio Verbal (BOCCALANDRO, 1978);
- d) Teste Matrizes Progressivas de Raven – Escala Avançada (ANGELINI et al., 1999; RAVEN, 1965, 2000, 2001; RAVEN, COURT & RAVEN, 1994);

A necessidade do uso dos dois testes de inteligência especificados acima, decorre dos argumentos desenvolvidos anteriormente no item 1.6.6, que esclarecem o escopo do termo “desempenho cognitivo” para fins deste estudo. Resumidamente, o Teste Matrizes Progressivas de Raven, segundo seu próprio autor (RAVEN, COURT & RAVEN, 1994), mensura a capacidade edutiva do indivíduo. Em sua versão original, em inglês, vem acompanhado da chamada *Escala Mill-Hill de Vocabulário*, para mensurar a capacidade

reprodutiva. Como esta última não se encontra traduzida e validada em nosso país, optou-se por fazer uso de um teste correlato, o V-47 (Teste Verbal de Inteligência). A seguir, uma breve descrição dos testes, acompanhada de uma explanação das variáveis mensuradas em cada um.

4.3.1 – Teste D2 de Atenção Concentrada

O teste D2 pode ser caracterizado como um teste de atenção concentrada visual e, em um sentido mais amplo, da capacidade geral de concentração do indivíduo (BRICKENKAMP, 1990). Trata-se de uma técnica de avaliação da atenção na qual o sujeito deve inspecionar 14 séries de caracteres (compostas pelas letras “p” e “d” com pequenos sinais [apóstrofes] acima e abaixo das mesmas). O sujeito deve assinalar apenas as letras que atendem a certos critérios (letra “d” com duas apóstrofes acima, abaixo ou uma apóstrofe acima e outra abaixo), ignorando os demais estímulos. O desempenho nas séries é cronometrado, sendo que o sujeito dispõe de 20 segundos para completar cada uma. A duração total do teste é de 4 minutos e 40 segundos.

Ao final, obtém-se o número total de caracteres inspecionados (Resultado Bruto); o Total de Erros cometidos (por omissão ou marcação incorreta); o Resultado Líquido (obtido através da subtração

do Total de Erros do Resultado Bruto); o Percentual de Erros (divisão entre o Resultado Bruto e o Total de Erros); e a Amplitude de Oscilação (diferença entre o melhor e o pior desempenhos entre as séries). Para o Resultado Bruto, Resultado Líquido, Percentual de Erros e Amplitude de Oscilação existem ainda as respectivas normas em percentis (Idem). Neste estudo, todas essas informações constituem as variáveis que podem ser observadas na tabela 4.4, a seguir:

Tabela 4.4 – Correspondência entre os Elementos Quantitativos do Teste D2 e as Variáveis Analisadas

Teste D2	Variável Pré-Teste	Variável Pós-Teste
Resultado Bruto	D2_RB1	D2_RB2
Resultado Líquido	D2_RL1	D2_RL2
Percentual de Erros	D2_PE1	D2_PE2
Amplitude de Oscilação	D2_AO1	D2_AO2
Percentil do Resultado Bruto	D2_RBP1	D2_RBP2
Percentil do Resultado Líquido	D2_RLP1	D2_RLP2
Percentil do Percentual de Erros	D2_PEP1	D2_PEP2
Percentil da Amplitude de Oscilação	D2_AOP1	D2_AOP2

4.3.2 – Teste Fator M – Bateria Fatorial CEPA

A Bateria Fatorial CEPA compõe-se de oito sub-testes destinados a avaliar os diversos fatores componentes do desempenho mental humano, como por exemplo, a percepção espacial, a facilidade de compreensão e utilização da linguagem, a inteligência geral (fator g), etc. O fator M, ou Aptidão Mnemônica, utilizado neste trabalho, tem por objetivo específico mensurar a retenção pela MCP (RAINHO, 2001). Para tanto, disponibiliza dois subtestes: Memória Visual e Memória Auditiva, em duas séries cada um (“A” e “B”). No teste de Memória Visual, mostra-se 30 cartões ao sujeito, contendo cada um uma figura. Cada cartão é mostrado durante 2 segundos, pedindo-se ao sujeito para que os observe com atenção. Passados 10 segundos da visualização do último cartão, o sujeito dispõe então de 5 minutos para descrever o que observou. No teste de Memória Auditiva, lê-se pausadamente uma série de 30 palavras, solicitando-se ao sujeito igualmente para que as ouça com total atenção. Terminada a leitura, o sujeito disporá, da mesma forma, de 5 minutos para escrever aquilo que conseguir se lembrar. No pré-teste foi utilizada a série “A” e no pós-teste a série “B”, que diferem completamente entre si, impossibilitando qualquer efeito aprendizagem no reteste³⁵.

³⁵ Se todos os testes aqui utilizados dispusessem de duas séries diferentes para teste e reteste, como é o caso apenas do Fator M da Bateria Cepa, não haveria a necessidade da existência do Grupo Controle, que se justifica neste estudo apenas para contornar o efeito aprendizagem que teoricamente

Na apuração dos resultados, cada resposta correta vale um ponto (a pontuação máxima em cada sub-teste é, portanto, de 30). Os resultados brutos do sub-testes visual e auditivo correspondem às variáveis MV_Tot1, MA_Tot1 no pré-teste e MV_Tot2 e MA_Tot2 no pós-teste. Os percentis estão identificados como MV_Per1, MA_Per1, MV_Per2 e MA_Per2, respectivamente.

4.3.3 – Teste V-47 de Raciocínio Verbal

O teste V-47 é um teste de raciocínio verbal destinado a pessoas desde o ginásial incompleto até o nível superior, composto de 47 itens fundamentados na compreensão da extensão do significado de pares de conceitos, os quais o sujeito deve classificar e comparar segundo a lógica. A melhor maneira de exemplificar o exercício é através da própria instrução inicial do mesmo: “A significação das palavras pode abranger muitos indivíduos, ou apenas um. A palavra **músico**, abrange todas as pessoas que se dedicam à atividade musical; a palavra **violinista**, se restringe àqueles músicos que tocam violino; por esse motivo, a extensão do significado de **músico** é maior do que a de **violinista**” (BOCCALANDRO, 1978, p.1).

Desta forma, o sujeito compara 47 pares de conceitos,

pode ocorrer quando se reaplica um mesmo teste em um curto espaço de tempo.

escrevendo as palavras MAIOR, MENOR ou IGUAL entre cada par. O resultado é dado através de um escore bruto (variáveis V47-Tot1 e V47-Tot2) e seu respectivo percentil (V47_Per1 e V47_Per2).

4.3.4 – Matrizes Progressivas de Raven (MPR) – Escala Avançada

O teste MPR apresenta três escalas: *Standard* (conhecido no Brasil como Escala Geral, que é utilizado para avaliar o fator g em todas as faixas de desenvolvimento intelectual), *Colorida* (utilizado na avaliação de crianças de 5 a 11 anos, deficientes mentais e pessoas idosas) e *Avançada*. Esta última destina-se a sujeitos maiores de 11 anos com inteligência superior à média, sendo muito utilizada principalmente com sujeitos universitários (ANGELINI et al., 1999). Constitui-se de duas séries: a primeira, com 12 problemas, objetivando treinar o sujeito no método de trabalho, e que costuma ser utilizada também como instrumento de avaliação rápida: em poucos minutos pode indicar a probabilidade de uma pessoa pertencer aos 10% dos adultos com inteligência inferior, aos 80% de inteligência média ou aos 10% de inteligência superior (RAVEN, 1965). Neste trabalho, o escore bruto da Série I pode ser identificado pelas variáveis R1_Tot1 e R1_Tot2 (pré e pós-teste, respectivamente). A Série II consiste de 36 problemas ordenados em dificuldade crescente e que permite explorar todas as

operações de análise não-verbais envolvidas nos mais elevados processos de pensamento (Idem). Nesta série, as variáveis R2_Tot1, R2_Tot2 representam os escores brutos e R2_Per1 e R2_Per2 os respectivos percentis, segundo a padronização brasileira (RIBEIRO & GUERRA, s.d.). As séries foram aplicadas na seqüência, sem limite de tempo, de acordo com as instruções do manual.

4.3.5 – Procedimentos Experimentais e Pós-Teste

Finda a etapa de Pré-Testagem, os sujeitos do grupo experimental (GE) submeteram-se a um número que variou entre 33 e 40 sessões de treinamento através de neurofeedback, com o objetivo de aumentar a freqüência de emissão das ondas SMR sobre o córtex sensoriomotor e a concomitante inibição das ondas teta sobre a mesma área. As sessões individuais tiveram uma duração de 15 minutos cada e freqüência de seis vezes por semana (duas sessões ao dia, com intervalo de 5 minutos entre as mesmas). A montagem dos eletrodos deu-se de acordo com as normas internacionais (JASPER, 1958), com derivação monopolar sobre o ponto C4. Para tanto, utilizaram-se os aparelhos e implementos descritos no item 4.2. As intervenções foram realizadas em local fechado, livre de interferências elétricas³⁶. Os sujeitos do GC não foram submetidos a nenhum tipo de

³⁶ Os amplificadores de neurofeedback são dispositivos extremamente sensíveis, sendo que fontes de

intervenção.

A rotina do treinamento consistia na sequência dos seguintes procedimentos: a) colocação dos eletrodos; b) teste da derivação eletroencefalográfica e análise de artefatos³⁷; c) primeira sessão de treinamento (15 minutos); d) descanso de 3 a 5 minutos; e) segunda sessão de treinamento (15 minutos); e f) retirada dos eletrodos.

As sessões de treinamento propriamente ditas consistiam no seguinte exercício: o sujeito, sentado confortavelmente e a uma distância visual de aproximadamente 70 ou 80 cm da tela do computador, deveria observar atentamente a mesma e tentar obter um estado cerebral interno específico que o levaria a “ganhar pontos” no programa de neurofeedback. Para ganhar um ponto, o sujeito deveria conseguir atingir e manter determinado critério de emissão de ondas cerebrais durante 0,5 segundo. Estes limiares (*thresholds*) variavam de sessão para sessão, obedecendo ao critério da dificuldade crescente. Por exemplo, nas primeiras sessões, os sujeitos tipicamente trabalhavam com limiares de 6 μ V para as ondas teta, 1 μ V para SMR e 8 μ V para beta superior. Ou seja, para obter um ponto, o sujeito deveria

alta-freqüência (aparelhos de rádio, t.v., etc) ou campos eletromagnéticos fortes (motores elétricos, fontes de microcomputadores, etc) podem causar interferências indevidas em suas leituras (KIMURA, 2001). Por esse motivo, o ambiente deve estar livre e relativamente distante de tais dispositivos.

³⁷ *Artefatos* são possíveis interferências elétricas e/ou musculares que podem alterar completamente o sinal eletroencefalográfico que é captado pelo amplificador digital, tais como os gerados por campos eletromagnéticos (telefones celulares, por exemplo), contato direto dos eletrodos com a pele (sem a pasta eletrocondutiva), movimentos musculares na região da cabeça e nuca, etc. A análise dos artefatos é realizada através da observação do padrão de onda emitido pelo sujeito: quando há “ruídos” oriundos de artefatos, o padrão de onda é visualmente perceptível, assumindo uma forma típica, facilmente identificável.

emitir ondas teta abaixo de $6\mu\text{V}$, ondas SMR acima de $1\mu\text{V}$ e ondas beta superiores abaixo de $8\mu\text{V}$. Esta linha de base inicial foi adotada para todos os sujeitos (cf. recomendação de COLLURA, 2001a), que depois começaram a se diferenciar em função da mais ou menos rápida progressão de cada um (o registro de cada sessão individual foi realizado num formulário criado para esse fim; um exemplo de formulário utilizado para um dos sujeitos pode ser observado no Anexo IV).

O controle das ondas beta superiores (18–20 Hz) fez-se necessário para evitar a emissão de artefatos (por exemplo: quando o sujeito tensiona fortemente a sua mandíbula, o amplificador digital pode ser “enganado”, registrando um ponto pelo atingimento dos critérios de teta e SMR. Entretanto, se controlamos a frequência beta superior isso não ocorre, pois o movimento muscular é denunciado por um grande aumento na emissão dessa última frequência, não permitindo que o sujeito obtenha pontos inadvertida ou intencionalmente através desse artifício).

O sujeito, contudo, não tem acesso à informação numérica dos limiares que estão vigendo em determinada sessão. A informação com a qual tem que lidar é de natureza analógica: a parte superior da tela mostra uma média das ondas emitidas (útil para o controle de interferências, da parte do experimentador) e a parte inferior da tela do programa consiste apenas de três quadrados: um azul (representando

as ondas teta), um verde (ondas SMR) e outro amarelo (ondas beta superiores). Os limites dos três quadrados estão identificados através de traços na cor preta. Conforme as ondas vão sendo captadas pelo amplificador, o programa transforma essa informação nos quadrados coloridos, que vão aumentando ou diminuindo de tamanho. No caso de teta e beta superior, o sujeito deve tentar manter os quadrados azul e amarelo dentro dos limites desenhados na tela; e no caso de SMR, o quadrado verde fora dos limites (ver Figura 4.1).

Cada vez que obtém um ponto, o sujeito observa sua pontuação ser acrescida de uma unidade (na parte superior direita da tela) e ouve um som emitido pelo computador. O feedback por meio do qual ele deve descobrir como controlar suas ondas cerebrais é exatamente a pontuação que consegue obter em cada sessão. No início dos treinamentos, os sujeitos tipicamente não compreendem o mecanismo através do qual podem manter os quadrados coloridos obedecendo aos critérios estabelecidos e assim obter pontos. Com o passar do tempo (em média 12 ou 14 sessões), entretanto, começam a obter cada vez maior controle sobre o processo.

Após o final do treinamento, que teve a duração total de dois meses, ocorreu um Pós-Teste, no qual os sujeitos dos dois grupos submeteram-se novamente aos mesmos procedimentos de testagem anteriormente descritos. Aos sujeitos do GE, todavia, foi solicitado que, antes da realização de cada um dos testes, fechassem os olhos e se

concentrassem procurando obter o estado mental aprendido durante o treinamento.

Figura 4.1 – Tela do Programa de Treinamento

Ao final de todo o processo, os sujeitos do GE receberam um questionário para ser respondido em casa (ver Anexo III) e a ser discutido por ocasião das entrevistas individuais finais para a coleta de informações de natureza qualitativa sobre o processo, bem como para

dirimir quaisquer dúvidas ou discutir aspectos pessoais acerca dos procedimentos. Esta entrevista ocorreu em contexto aberto, semi-diretivo, possuindo um duplo objetivo: enriquecer o estudo com informações qualitativas e atender aos preceitos éticos discutidos mais adiante no item 4.4.

Os sujeitos do GE, durante entrevista devolutiva individual final, receberam uma devolutiva verbal genérica do seu desempenho dos testes, levando-se em consideração o impacto que essa informação poderia ter sobre os mesmos (BARRET, 2000). Assim, receberam a informação da melhoria do seu desempenho no controle das próprias ondas cerebrais e nos testes de atenção e de memória. Não receberam nenhuma informação relacionada aos testes de fator g.

Essas informações foram prometidas antes do início da participação dos sujeitos no estudo (ver Consentimento Informado, Anexo II) e visaram fornecer um fator de incentivo importante para manter os sujeitos motivados em sua participação e desempenho, dado que esse fator (motivação) poderia se constituir em variável interveniente relevante neste estudo (DERRYBERRY & TUCKER, 1994), notadamente para os sujeitos do GC. Para garantir que os sujeitos deste grupo mantivessem um grau satisfatório de motivação para a realização do pós-teste, ficou acordado que aqueles sujeitos que obtivessem um desempenho superior neste em relação ao pré-teste seriam contemplados também com uma entrevista de aconselhamento,

onde os seus resultados seriam discutidos. Nesta entrevista, os sujeitos do GC receberam apenas informações concernentes ao seu desempenho atencional e mnemônico.

4.4 – Considerações Éticas

Os procedimentos descritos no item 4.3 são considerados seguros, não havendo relato na literatura acerca de nenhuma consequência danosa ou desfavorável a quem a eles se submetesse. Mesmo assim, todos os participantes desta pesquisa tomaram conhecimento, assinaram e receberam uma cópia do Consentimento Informado (ver Anexo II), documento que explica os objetivos e condições gerais para a realização deste estudo, conforme as recomendações da literatura sobre ética em pesquisa com sujeitos humanos (BARRET, 2000; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1997; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1993).

Alguns autores (p.ex., STRIEFEL, 1995, 1999) indicam a possibilidade de ocorrerem “descompensações”, “abreações” ou “insights” psicológicos em função dos procedimentos de neurofeedback, e, por este motivo, decorre a necessidade da presença permanente de um psicólogo habilitado que acompanhe todas as

sessões de treinamento, o que efetivamente ocorreu neste estudo.

Além disso, em treinamentos de ondas lentas (por exemplo, teta ou delta), alguns autores (p. ex., COLLURA, 2001; STRIEFEL, 1995, 1999) asseveram existir a possibilidade do treinamento em neurofeedback desencadear episódios convulsivos em pessoas com histórico médico de epilepsia. Não se configurou o caso aqui presente, todavia, para que não houvesse absolutamente nenhum risco, pessoas com histórico de convulsões ou epilepsia não foram pré-selecionadas para o estudo. O questionário da entrevista inicial (ver Anexo I) contemplou toda uma seção (Seção II – Saúde), destinada à análise dos critérios de inclusão na amostra.

As demais questões éticas inerentes aos estudos experimentais com sujeitos humanos foram apresentadas e discutidas de forma clara com os participantes no Consentimento Informado.

V – RESULTADOS

5.1 – Considerações Gerais

Uma vez coletados e tabulados, os dados brutos foram arranjados em duas tabelas principais: dados completos para cada sujeito com as variáveis do pré e do pós-teste (Tabela 5.1) e os percentuais de variação do pós-teste em relação ao pré-teste, também para cada sujeito (Tabela 5.2). Em seguida, procedeu-se ao pré-processamento dos dados: as variáveis foram classificadas segundo seu nível de mensuração, e, através da geração de *box-plots*³⁸, verificou-se a inexistência de valores extremos (*outliers*). Todas as variáveis foram então pesquisadas quanto ao tipo de distribuição apresentada. Os testes Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk de normalidade, assim como a Análise da Variância (Univariate General Linear Model) ao nível de 0,05 de significância indicaram a normalidade de todas as distribuições. Tendo em vista esses resultados iniciais, decidiu-se pela utilização dos testes de hipóteses de acordo com a proposta da estatística paramétrica (GREEN, SALKIND & AKEY, 2000).

Três procedimentos básicos foram então realizados: a) levando-se em consideração a hipótese de que o treinamento foi efetivo sob a ótica das variáveis estudadas, realizou-se, através do teste t (Student),

³⁸ Gráfico também conhecido como *box-and-whisker plot*, através do qual verifica-se a existência de valores tão altos ou tão baixos, que devem ser estatisticamente desconsiderados (possuem escores 1,5 vezes maiores do que a extensão do box-plot) (VIEIRA, 1999).

a comparação das médias dos sujeitos do GE no pré e no pós-testes (duas amostras emparelhadas nas quais cada sujeito é seu próprio controle); b) levando-se em consideração a hipótese de que os resultados do GE podem ser considerados significantemente diferentes dos resultados do GC, e assim, podendo o efeito teste-reteste ser

Tabela 5.1 – Resultados Brutos

Sujeitos						Pré-Teste																		Pós-Teste																	
Sj	Grp	Sexo	Idade	Teta	SMR	R1- Tot1	R2- Per1	D2- RB1	D2- RBP1	D2- RLP1	D2- PEP1	D2- AOP1	D2- MV- Tot1	MA- Tot1	MA- Per1	V47- Tot1	V47- Per1	R1- Tot2	R2- Per2	D2- RBP2	D2- RLP2	D2- PEP2	D2- AOP2	D2- MV- Per2	MA- Tot2	MA- Per2	V47- Tot2	V47- Per2													
01	1	2	27	30,77	67,81	11	18	19	460	40	447	50	2,82	50	8	90	17	44	8	14	21	22	11	25	76	521	75	515	75	1,15	80	6	95	24	97	13	67	27	34		
02	1	1	23	26,92	43,55	11	22	50	513	70	507	70	1,17	80	11	75	18	55	12	55	40	75	12	26	81	572	90	568	95	0,69	95	12	70	23	95	10	32	41	82		
03	1	2	27	32,55	55,14	10	18	19	464	50	420	40	9,48	20	14	40	17	44	12	55	29	39	10	24	66	479	50	462	60	3,54	40	9	80	23	95	11	44	36	55		
04	1	1	22	21,73	29,17	11	33	99	382	20	375	20	1,83	70	9	80	13	8	6	4	36	55	11	34	99	470	50	462	60	1,7	80	8	90	21	85	12	55	40	75		
05	1	1	20	29,63	38,16	10	19	24	329	5	298	5	9,42	20	9	80	10	2	5	1	34	49	11	21	42	342	10	327	10	4,38	40	10	80	16	34	9	22	35	55		
06	1	1	21	27,81	51,55	12	25	76	505	60	471	60	6,73	20	16	30	12	4	13	67	45	99	12	31	98	534	75	511	75	4,3	40	15	40	18	55	13	67	45	99		
07	1	1	31	17,82	27,51	7	21	42	498	60	489	50	5,82	20	15	10	17	44	11	44	38	64	8	23	58	529	75	521	80	1,51	75	10	80	19	66	12	55	39	69		
08	1	2	28	28,73	49,90	9	22	50	448	40	392	20	12,5	1	14	40	14	17	7	8	16	11	11	24	66	487	60	470	60	3,49	40	14	40	17	44	8	14	30	39		
09	1	2	22	33,99	48,64	9	20	31	591	90	572	95	3,21	40	5	95	15	24	9	22	43	92	12	25	76	644	99	640	99	0,62	99	5	95	21	85	10	32	43	92		
10	1	1	30	20,19	32,23	11	30	96	514	70	498	70	3,1	40	13	50	17	44	7	1	41	82	11	33	99	557	90	556	90	0,17	99	8	90	23	95	9	22	43	92		
11	2	1	35	----	----	12	29	93	567	90	542	90	4,41	30	10	80	18	55	10	32	42	88	11	24	66	557	90	536	90	3,77	60	8	90	19	66	6	4	42	88		
12	2	2	21	----	----	11	24	66	610	95	584	95	4,26	30	11	75	17	44	7	8	38	64	11	24	66	599	95	574	95	4,17	30	12	60	16	34	8	14	38	64		
13	2	2	22	----	----	7	18	19	376	20	355	10	5,58	25	6	95	18	55	11	44	36	55	7	19	24	384	20	366	20	4,69	30	8	90	19	66	8	14	34	49		
14	2	1	23	----	----	10	14	4	353	10	343	10	2,83	50	7	90	15	24	8	14	20	18	9	15	6	372	10	363	20	2,41	50	10	80	14	17	8	14	22	22		
15	2	1	28	----	----	10	25	76	489	60	481	60	1,64	70	14	40	15	24	12	55	45	99	10	25	76	491	60	480	60	2,24	75	15	40	15	24	11	44	44	97		
16	2	2	25	----	----	10	24	66	353	10	329	10	6,8	20	12	60	20	77	8	14	36	55	10	24	66	360	10	339	10	5,83	20	14	40	18	55	9	22	35	55		
17	2	2	35	----	----	11	29	93	437	50	431	60	1,37	90	12	70	22	91	11	44	45	99	11	28	90	449	50	443	70	1,33	90	12	70	20	77	10	32	43	92		
18	2	2	26	----	----	8	21	42	440	40	428	40	2,72	50	11	75	14	17	9	22	14	9	9	22	50	451	40	438	40	2,88	50	10	80	15	24	9	22	16	11		
19	2	1	25	----	----	10	26	81	551	80	538	90	2,35	70	8	30	14	17	12	55	39	9	11	25	76	542	80	531	90	2,07	70	9	80	14	17	11	44	40	75		
20	2	2	26	----	----	10	26	81	592	90	584	95	1,35	80	10	80	20	77	14	75	37	59	10	24	66	558	90	550	90	1,43	80	9	80	20	77	13	67	39	69		
21	2	1	23	----	----	12	29	93	506	70	481	60	4,94	30	14	40	19	66	13	67	40	75	12	30	96	520	70	494	70	5	30	12	70	20	77	12	55	41	82		

Legenda

- Grp - Grupo (1 – Experimental / 2 – Controle)
Sexo - Gênero (1 – Masculino / 2 – Feminino)
Teta - Percentual de Redução das Ondas Teta
SMR - Percentual de Aumento das Ondas SMR
R1-Tot1 - Raven Série I (Resultado Total – Pré-Teste)
R2-Tot1 - Raven Série II (Resultado Total – Pré-Teste)
R2-Per1 - Raven Série II (Percentil – Pré-Teste)
D2-RB1 - Teste D2 (Resultado Bruto – Pré-Teste)
D2-RBP1 - Teste D2 (Percentil Bruto – Pré-Teste)

- D2-RL1 - Teste D2 (Resultado Líquido – Pré-Teste)
D2-RLP1 - Teste D2 (Percentil Líquido – Pré-Teste)
D2-PE1 - Teste D2 (Percentual de Erros – Pré-Teste)
D2-PEP1 - Teste D2 (Percentil de Erros – Pré-Teste)
D2-AO1 - Teste D2 (Amplitude de Oscilação – Pré-Teste)
D2-AOP1 - Teste D2 (Percentil da Amp. Oscilação – Pré-Teste)
MV-Tot1 - Memória Visual (Resultado Total – Pré-Teste)
MV-Per1 - Memória Visual (Percentil – Pré-Teste)
MA-Tot1 - Memória Auditiva (Resultado Total – Pré-Teste)

- MA-Per1 - Memória Auditiva (Percentil – Pré-Teste)
V47-Tot1 - Raciocínio Verbal (Resultado Total – Pré-Teste)
V47-Per1 - Raciocínio Verbal (Percentil – Pré-Teste)

* Variáveis terminadas em 2: PóS-Teste

desconsiderado, analisou-se, também através do teste t, as diferenças das médias amostrais a partir dos percentuais de variação apresentados pelos sujeitos dos dois grupos (duas amostras independentes) e; c) a fim de explorar a interação entre os percentuais de sucesso na diminuição das ondas teta e aumento da produção de ondas SMR e os resultados aferidos nas outras variáveis, conduziu-se uma análise de correlação (Pearson) entre as variáveis citadas. Finalmente, conduziu-se uma análise qualitativa das entrevistas realizadas com o GE após os procedimentos de pós-teste.

Tabela 5.2 – Percentuais de Variação Pré/Pós-Teste por Sujeito

Sj	Grupo	Teta	SMR	%R2_Tot	%D2_RB	%D2_RL	%D2_PE	%D2_AO	%MV_Tot	%MA_Tot	%V47_Tot
01	1	30.77	67.8	38.88	13.27	15.22	-59.22	-25	20	62.5	28.57
02	1	26.92	43.55	18.18	11.5	12.03	-41.03	9.09	15	-16.67	2.5
03	1	32.5	55.14	33.33	3.24	10	-62.66	-35.71	15.79	-8.34	24.14
04	1	21.73	29.48	3.03	23.04	23.2	-7.11	-11.11	61.54	100	11.11
05	1	29.6	68.16	10.52	3.95	9.73	-53.51	11.11	60	80	2.95
06	1	27.81	51.55	24	5.75	8.49	-36.11	-6.25	50	0	0
07	1	17.82	27.51	9.53	6.23	11.09	-74.04	-33.33	11.77	9.09	2.63
08	1	28.73	49.9	9.09	8.71	19.9	-72.56	0	21.43	14.29	87.5
09	1	33.99	48.64	25	8.97	11.89	-80.69	0	40	11.11	0
10	1	20.19	32.23	10	8.37	11.64	-94.52	-38.46	35.3	22.22	4.88
11	2	---	---	-17.24	-1.76	-1.1	-14.52	-20	5.55	-40	0
12	2	---	---	0	-1.8	-1.71	-2.12	9.09	-5.88	14.29	0
13	2	---	---	5.5	2.13	3.1	-15.95	33.33	5.55	-27.28	-5.55
14	2	---	---	7.14	5.39	5.84	-14.85	42.85	-6.66	0	10
15	2	---	---	0	0.41	-0.2	35.58	7.14	0	-8.34	-2.27
16	2	---	---	0	1.99	3.04	-14.27	16.66	-10	12.5	-2.77
17	2	---	---	-3.44	2.75	0.47	-2.92	0	-9.09	9.09	-4.44
18	2	---	---	4.76	2.5	2.34	5.89	-9.09	7.15	0	14.29
19	2	---	---	-3.84	-1.63	-1.3	-11.91	12.5	0	-8.34	2.57
20	2	---	---	-7.69	-5.74	-5.82	5.92	-10	0	-7.21	5.41
21	2	---	---	3.44	2.77	2.71	1.21	-14.28	5.27	-7.69	2.5

Legenda

Grp - Grupo (1 – Experimental / 2 – Controle)
Teta - Percentual de Redução das Ondas Teta
SMR - Percentual de Aumento das Ondas SMR
%R2_Tot - Raven Série II – Resultado Total
%D2-RB - Teste D2 - Resultado Bruto
%D2-RL - Teste D2 – Resultado Líquido

%D2-PE - Teste D2 – Percentual de Erro
%D2-AO - Teste D2 – Amplitude de Oscilação
%MV-Tot - Memória Visual – Resultado Total
%MA-Tot - Memória Auditiva – Resultado Total
%V47-Tot - Raciocínio Verbal – Resultado Total

Todos os cálculos e análises foram realizados através do programa de computador SPSS (1999). Na sessão à seguir, proceder-se-á a uma descrição pormenorizada de cada uma das análises mencionadas acima.

5.2 – Comparações Pré/Pós-Teste – Grupo Experimental

Com a finalidade de examinar a validade da hipótese principal deste estudo, ou seja, a de que o treinamento através do neurofeedback incrementaria o desempenho cognitivo dos sujeitos, conduziu-se inicialmente uma comparação dos resultados dos sujeitos do GE no pré e no pós-teste.

5.2.1 – Atenção

O teste t de duas amostras emparelhadas demonstrou haver diferenças significantes entre o pré e o pós-teste nos resultados bruto ($t[9] = 5,936$, $p < 0,01$), bruto percentil ($t[9] = 5,008$, $p = 0,01$), líquido ($t[9] = 10,260$, $p < 0,01$), líquido percentil ($t[9] = 5,683$, $p < 0,01$),

percentual de erros ($t[9] = 4,049$, $p=0,03$) e percentil do percentual de erros ($t[9] = 5,450$, $p<0,01$). Todavia, não foram constatadas diferenças significantes em relação à amplitude de oscilação ($p>0,05$).

Tabela 5.3 – Médias do Teste D2 (Atenção Concentrada)

	Resultado Bruto		Percentis Resultado Bruto		Resultado Líquido		Percentis Resultado Líquido		Percentual de Erros		Percentis Percentual de Erros	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Média	470,40	513,50	50,50	67,40	444,90	503,20	48,00	70,40	5,61	3,83	36,10	68,80
D.Padrão	73,54	79,06	25,22	26,14	77,45	82,84	27,51	25,64	2,15	1,61	24,88	26,07

5.2.2 – Memória

Os resultados do teste t de duas amostras emparelhadas apontou para a existência de diferenças significantes nos valores obtidos no pré e pós-teste da memória visual, tanto no resultado bruto ($t[9] = 7,636$, $p<0,01$) quanto em seu percentil ($t[9] = 5,995$, $p<0,01$). No entanto, não foram encontradas diferenças significantes nos escores da memória auditiva ($p>0,05$).

Tabela 5.4 – Médias do Teste Fator M (Memória)

	Memória Visual Resultado Bruto		Memória Visual Percentis		Memória Auditiva Resultado Bruto		Memória Auditiva Percentis	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Média	15,70	20,40	36,30	74,70	8,50	10,70	27,10	41,00
D.Padrão	3,47	2,76	29,55	23,24	3,57	1,77	25,59	19,34

5.2.3 – Inteligência

O mesmo teste foi realizado para os resultados das MPR Escala Avançada (Séries I e II) e Teste V-47 de Raciocínio Verbal. Diferenças significantes foram encontradas apenas entre o pré e o pós-teste da prova de raciocínio não-verbal (Série II): MPR Total ($t[9] = 5,729$, $p < 0,01$), MPR Percentil ($t[9] = 4,230$, $p = 0,02$). Na Série I e na prova de raciocínio verbal, não foram encontradas diferenças significantes, ao nível de 0,05.

Tabela 5.5 – Médias do Testes Fator G (MPR-Escala Avançada e V-47)

	MPR Avançado Resultado Total		MPR Avançado Percentis		Raciocínio Verbal Resultado Total		Raciocínio Verbal Percentis	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Média	22,80	26,60	50,60	76,10	34,30	37,90	58,80	69,20
D.Padrão	5,09	4,45	30,21	18,99	9,57	5,88	29,23	22,80

5.2.4 – Variação Geral dos Indicadores no Pré e no Pós-Teste

Para uma visão geral mais efetiva da evolução dos diversos indicadores pré e pós-teste do grupo experimental, montou-se a tabela 5.6, que fornece um resumo da evolução média das capacidades

cognitivas dos sujeitos.

Tabela 5.6 – Percentuais de Variação Pré/Pós-Teste (Geral)

	Média	Desvio Padrão	Variância	Valor Mínimo	Valor Máximo
Inteligência Não-Verbal; Resultado Total (R2_Tot)	18,156*	11,789	138,995	3,03	38,88
Inteligência Verbal (V47_Tot)	16,428	26,927	725,062	0,00	87,50
Atenção; Resultado Bruto (D2_RB)	9,303*	5,755	33,120	3,24	23,04
Atenção; Resultado Líquido (D2_RL)	13,319*	4,752	22,585	8,49	23,20
Atenção; Percentual de Erros (D2_PE)	-58,145**	25,205	635,325	-94,52	-7,11
Atenção; Amplitude de Oscilação (D2_AO)	-12,966	18,790	353,072	-38,46	11,11
Memória Visual; Resultado Total (MV_Tot)	38,430*	15,902	252,889	11,77	61,54
Memória Auditiva; Resultado Total (MA_Tot)	27,420	39,495	1559,903	-16,67	100,00

* Resultado Altamente Significante ($p \leq 0,01$); ** Resultado Significante ($p > 0,01$; $p \leq 0,05$)

5.3 – Comparações Grupo Experimental x Grupo Controle

Com o intuito de avaliar o efeito teste-reteste (efeito de aprendizagem das provas), dado o curto intervalo de tempo entre o pré e o pós-teste (aproximadamente 2 meses), conduziu-se uma comparação entre as variações percentuais dos escores dos testes obtidos pelos Grupo Experimental e Controle (ver Tabela 5.2), considerando-se os mesmos como duas amostras independentes (não-

emparelhadas).

5.3.1 – Atenção

Neste item, os resultados sugerem um efeito de aprendizagem muito modesto da parte do GC no resultado bruto ($M = 0,63$, $dp = 3,11$), líquido ($M = 0,67$, $dp = 3,17$), percentual de erros ($M = -2,54$, $dp = 15,20$). O valor negativo deste último significa que, em média, os integrantes do GC cometeram 2,54% menos erros no pós-teste em relação ao pré-teste. Segundo o teste t de duas amostras independentes, esses valores são significativamente diferentes dos encontrados no GE, nas mesmas variáveis: resultado bruto ($t[19] = 4,351$, $p < 0,01$), resultado líquido ($t[19] = 7,237$, $p < 0,01$), percentual de erros ($t[19] = -6,191$, $p < 0,01$). Não se pode afirmar, contudo, haver diferença significativa no que se refere à Amplitude de Oscilação ($p > 0,05$).

Tabela 5.7 – Variação das Médias Pré/Pós-Teste no Teste D2 (Atenção Concentrada) – GE/GC

		Resultado Bruto (%)	Resultado Líquido (%)	Percentual de Erros (%)	Amplitude de Oscilação (%)
Grupo Experimental	Média	9,30	13,31	-58,14	-12,96
	D.Padrão	5,75	4,75	25,20	18,79
Grupo Controle	Média	0,63	0,67	-2,54	6,20
	D. Padrão	3,11	3,17	15,20	19,69

5.3.2 – Memória

O teste t de duas amostras independentes aponta para diferenças significantes nas variações das médias obtidas nos dois grupos, no que se refere à Memória Visual ($t[19] = 5,580$, $p < 0,01$). Todavia, no que se refere à Memória Auditiva, embora os percentuais de variação pré e pós-teste do GE ($M = 60,19$, $dp = 109,20$) e do GC ($M = -5,72$, $dp = 16,36$) pareçam muito diferentes, a variabilidade da amostra experimental nesta variável (%MA_Tot que pode ser observada nas tabelas 5.2 e 5.7) é extremamente alta ($dp = 109,20$). O teste t não pôde confirmar, desta forma, diferença estatisticamente significativa entre as duas amostras ($p > 0,05$).

Tabela 5.8 – Variação das Médias Pré/Pós-Teste no Teste Fator M (Memória) – GE/GC

		Memória Visual Resultado Total (%)	Memória Auditiva Resultado Total (%)
Grupo Experimental	Média	33,08	60,19
	D.Padrão	19,03	109,20
Grupo Controle	Média	-0,73	-5,72
	D. Padrão	6,29	16,36

5.3.3 – Inteligência

O efeito teste-reteste nas duas provas de fator g não se mostrou relevante no GC: As variações médias foram de -1,03% (dp = 6,97) nas MPR Avançadas e de 1,79% (dp = 6,11) no Raciocínio Verbal. As diferenças entre os grupos puderam ser constatadas através do teste t de duas amostras independentes: Resultado Total das MPR Avançadas ($t[19] = 4,592$, $p < 0,01$) e Resultado Total do Raciocínio Verbal ($t[19] = 1,983$, $p=0,05$).

Tabela 5.9 – Variação das Médias Pré/Pós-Teste nos Testes Fator G (MPR-Escala Avançada e V-47) – GE/GC

		MPR Avançado Resultado Total (%)	Raciocínio Verbal Resultado Total (%)
Grupo Experimental	Média	18,15	16,42
	D.Padrão	11,79	26,92
Grupo Controle	Média	-1,03	1,79
	D. Padrão	6,97	6,11

5.4 – Correlações

Analisando-se a matriz cruzada de correlações entre as variáveis, encontrou-se uma alta correlação (Pearson) entre o escore bruto das MPR Avançadas – Série II e o percentual de diminuição de emissão das ondas teta ($r = 0,686$, $p=0,02$), e entre aquele primeiro e o percentual de aumento na emissão de ondas SMR ($r = 0,880$, $p<0,01$).

5.5 – Dados Qualitativos

A partir da aplicação do questionário de avaliação final (ver Anexo III) e das informações obtidas na entrevista de encerramento, pode-se tecer algumas considerações gerais de natureza qualitativa, embora esta categoria de análise não seja o escopo metodológico deste estudo. Por exemplo, todos os sujeitos declararam ter a percepção de melhoria geral em seu desempenho nos quesitos avaliados na questão 1, notadamente no que se refere à memória e à capacidade de concentração durante as aulas.

No que se refere a outras modificações percebidas em função do treinamento, seis dos sujeitos declararam estar se sentindo mais tranquilos e menos ansiosos. Este efeito, embora não tenha se constituído como objetivo deste trabalho, talvez possa ser explicado em função da relação existente entre a capacidade de focalização da atenção e níveis progressivamente menores de ansiedade relatados por WESTERMAYER (2001), em seu modelo cognitivo da ansiedade.

Em relação à percepção de controle, a maioria dos sujeitos (n=7) declarou ter encontrado maior facilidade na inibição das ondas teta e maior dificuldade no aumento da emissão das ondas SMR. Apenas metade dos sujeitos, no entanto, declarou acreditar ser possível conseguir reproduzir o estado mental treinado sem o uso dos aparelhos de neurofeedback. Os que assim declararam, também acreditavam que se um número maior de sessões fosse realizado, seria provável que desenvolvessem essa capacidade com o treinamento.

Na avaliação livre do processo, as percepções, de uma maneira geral, foram muito positivas: *"Um bom treinamento, apesar de cansativo. Acho que para melhores resultados talvez fosse necessário mais tempo"* (sic); *"...acho que foi muito bom, pois consegui melhorar o meu desempenho tanto no trabalho como na sala de aula"*. (sic); A importância do acompanhamento motivacional durante o processo também foi ressaltada por um dos sujeitos: *"...logo no início dos testes era muito animador me ver fazendo um grande número de pontos, mas conforme foi*

dificultando o tamanho [dos quadrados] a pontuação caiu muito também. O problema é que não sabemos o que fazer para aumentarmos esses pontos e o pior é quando eles aumentam e você não sabe muito bem o que aconteceu para que isso ocorresse. A onda que eu mais senti dificuldade foi a verde [SMR] ... durante esse treinamento houve uma semana que eu nem se quer (sic) conseguia fazer 20 pontos! chegava a ser desesperador e me desanimou muito, mas depois melhorou” (sic). Outro sujeito asseverou: “...nos dias em que você consegue evoluir o mínimo que fosse foi extremamente prazeroso, nas sessões em que não haviam progressos, acabavam se tornando rotineiras demais...” (sic).

Outro sujeito comentou sobre seu desempenho no pós-teste: *“Aliás, percebi que me cansei bem menos na realização dos testes, principalmente o das figurinhas [MPR – Escala Avançada] que fiquei sem entender absolutamente nada apenas na última figura, nas demais senti sim alguma dificuldade, mas foi bem menos do que quando os fiz pela primeira vez e também terminei bem mais rapidamente e com maior segurança nas minhas respostas” (sic).*

Finalmente, também surgiram observações acerca do pequeno período de treinamento: *“fico triste porque não tivemos um trabalho para exercitar o treinamento após o término e de como atingir o estágio ideal de atenção e concentração. Acho que não cheguei aonde queria e acho que não custava nada continuar mais umas duas semanas... Contudo gostei da participação e acredito ter obtido um mínimo de memorização e atenção. Aliás, percebi o quanto é ruim estar no estado de sonhar acordado e quando o emocional interfere no estado mental saudável” (sic).*

VI – DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O neurofeedback tem se mostrado uma técnica de aprendizagem bastante efetiva no que se refere ao tratamento de diversos distúrbios, tanto como procedimento principal quanto como procedimento complementar. Raros estudos têm sido realizados, no entanto, visando a sua utilização como ferramenta de melhoria do desempenho cognitivo em indivíduos normais. Este trabalho buscou explorar exatamente essa possibilidade.

Os resultados indicaram a confirmação da hipótese inicial da pesquisa: o treinamento em neurofeedback, utilizando o protocolo proposto e especificado anteriormente, incrementou de forma significativa o desempenho atencional, mnemônico e cognitivo geral dos participantes.

Como pode-se observar na Tabela 5.6 (p. 84), o resultado mais significativo obtido foi a melhoria do desempenho na tarefa de memória icônica (variação média de 38,43%, $dp = 15,90$ entre o pré e o pós-teste), seguido pela inteligência não-verbal ($M = 18,15\%$, $dp = 11,78$), e atenção ($M = 13,31\%$, $dp = 4,75$ no resultado bruto e $M = 9,30\%$, $dp = 5,75$ no resultado líquido).

Algumas ressalvas, contudo, devem ser assinaladas. No que se refere às capacidades edutivas e reprodutivas, sub-componentes do

fator g, os resultados indicaram diferenças significantes apenas em relação às primeiras. Ou seja, o treinamento parece ter sido efetivo apenas em relação ao raciocínio não-verbal, o que nos conduz a hipótese de que este último talvez seja mais dependente da atenção e do uso da memória de curto prazo do que o raciocínio verbal – muito embora não haja, na literatura, argumentos que sustentem essa afirmação, que deveria ser melhor investigada em estudos posteriores.

Em relação à memória, da mesma forma, houve uma certa diferenciação em relação à origem sensorial: o treinamento mostrou-se eficaz para os elementos icônicos mas não para os ecóicos. Embora pesquisas recentes sugiram uma forte associação entre as duas modalidades sensoriais (p.ex., ANSTEY, LUSZCZ & SANCHES, 2001; SCHMIDT et al., 2002), os sujeitos tenderam a obter melhores resultados no teste de memória visual do que no teste de memória auditiva. ROZELLE & BUDZYNSKI (1995) relatam um caso de reabilitação pós-acidente vascular cerebral utilizando o neurofeedback, com excelentes resultados sobre a MCP, não diferenciando, no entanto, a origem sensorial. Por outro lado, THORNTON (2000) relata um experimento com 59 sujeitos que apresentavam algum grau de déficit de memória de curto prazo e que foram submetidos a um tratamento através do neurofeedback, obtendo uma substancial melhora que variou entre 68% e 181% em alguns casos, tendo a avaliação sido realizada através de duas tarefas de memória ecóica. Os resultados

obtidos no presente trabalho vão nessa direção, apontando uma melhora, ainda que modesta, na MCP ecóica do pré-teste ($M = 8,5$, $dp = 3,57$) para o pós-teste ($M = 10,70$, $dp = 1,77$), embora essa diferença não possa ser considerada estatisticamente significativa, talvez em função do pequeno número de sujeitos da amostra.

A comparação entre o desempenho do GE contra o do GC mostrou que o efeito de aprendizagem teste-reteste não foi significativo para invalidar os ganhos obtidos pelos sujeitos do GE com o treinamento, exceto, mais uma vez, no que se refere à memória ecóica, em função da grande variabilidade dos resultados obtidos pelo GE (ver item 5.3.2).

Finalmente, os resultados também sugerem haver uma alta relação entre o desempenho dos sujeitos em controlar a emissão das ondas teta ($r = 0,686$, $p=0,02$) e SMR ($r = 0,880$, $p<0,01$) com o desempenho na tarefa de raciocínio não-verbal (edução). Tais resultados estão em consonância com outros estudos que, embora não se tenham utilizado de sujeitos normais, obtiveram resultados similares (p.ex., BUDZINSKY et. al., 1999; GIANNITRAPANI, 1988; KAISER, 1999).

De qualquer forma, observando novamente a Tabela 5.6, como podemos explicar os principais resultados obtidos? Primeiramente, no que concerne à memória, os resultados sugerem uma concordância com as hipóteses levantadas pelo biofísico norte-americano Robert

BOUSTANY (1998 apud WHITE, 1999)³⁹. Sua tese, denominada de “hipótese NMDA”, basicamente argumenta que os receptores N-metil-D-aspartato (NMDA)⁴⁰ atuam ativamente como bloqueadores e liberadores de memória. Diversos estudos anteriores já estabeleceram a influência do neurofeedback sobre a ativação dos receptores de glutamato e aspartato, dentre eles o NMDA (p. ex., ver ABARBANEL [1999], que realizou extensa revisão bibliográfica sobre este tema). Em essência, BOUSTANY (Idem) sugere que a habilidade de ativar os receptores NMDA seria fundamental para o acesso a padrões codificados da memória. Neste mesmo sentido, BUDZINSKY (1997 apud WHITE, 1999)⁴¹ propôs a hipótese da “aprendizagem dependente do estado” (*state-dependent learning*): quando codificamos e armazenamos informações num determinado padrão de frequência cerebral dominante, podemos resgatar essas informações com muito maior facilidade quando nos colocarmos novamente neste mesmo padrão de frequência. BUDZINSKY (Idem) vai ainda mais longe, hipotetizando que a dificuldade que temos em resgatar lembranças infantis reside no fato de que, em geral, a frequência predominante até a idade de 6 anos é a teta (4–8 Hz), e que, conforme crescemos, as frequências tendem a ficar progressivamente mais rápidas,

³⁹ Comunicação pessoal.

⁴⁰ O NMDA é um dos subtipos de receptores de glutamato (mensageiro químico excitatório básico do SNC, que constitui-se num dos principais transmissores das sinapses excitatórias). Os receptores NMDA têm um papel muito importante na neuroplasticidade do SNC (BITTENCOURT, 2000).

⁴¹ BUDZINSKY, T. (1997). The case for alpha-theta: A dynamic hemispheric asymmetry model. Trabalho apresentado na **Annual Conference of the Society for the Study of Neuronal Regulation**, Aspen, EUA.

estabilizando-se em beta médio (15 - 18 Hz), na idade adulta. No presente estudo, solicitou-se aos sujeitos experimentais que, no pós-teste, procurassem entrar no estado SMR antes da realização das tarefas (ver item 4.3.5). Na tarefa de memória, portanto, os sujeitos realizaram um esforço consciente para entrar no estado de emissão de frequência SMR antes da visualização das figuras ou da audição da lista de palavras. Se os sujeitos conseguiram manter este estado pelo espaço de tempo que durou cada tarefa (aproximadamente 7 minutos), a hipótese de BUDZINSKY (Idem) encontra-se em sintonia com este estudo. É necessário ressaltar, no entanto, que, uma vez que os testes não foram monitorados eletrofisiologicamente, não é possível afirmar que: a) os sujeitos efetivamente entraram no estado SMR; e b) supondo-se que tenham entrado, que tenham conseguido mantê-lo ao longo do tempo da tarefa. Num próximo estudo, sugere-se portanto, a conveniência da monitoração eletroencefalográfica dos sujeitos durante a execução das tarefas de avaliação cognitiva.

Em relação à atenção, os resultados do experimento encontram-se em sintonia com os desenvolvimentos da literatura já discutidos amplamente na introdução deste trabalho (p. ex., ABARBANEL, 1999; COLLURA, 2001, 2001a; LUBAR, 1995; LUBAR & LUBAR, 1999; RASEY, 1996), e que apontam para os bons resultados do treinamento em neurofeedback voltado para a terapêutica do déficit de atenção. Nenhum dos sujeitos desta pesquisa era portador de deficiência desta

natureza, contudo, mesmo assim, apresentaram melhoria significativa em alguns dos indicadores de atenção da tarefa proposta (teste D2). O resultado mais significativo foi a redução média do percentual de erros que os sujeitos cometeram no pós-teste em relação ao pré-teste: 58,15% ($dp = 25,20$) menos erros. Isto é, embora a velocidade de trabalho, dada pelo escore bruto tenha evoluído apenas modestamente (9,30%, $dp = 5,75$), a melhoria no desempenho deu-se mais propriamente na precisão da realização da tarefa, o que indica que a atenção concentrada foi efetivamente superior no pós-teste em relação ao pré-teste.

Finalmente, o avanço dos indicadores de inteligência, conforme argumentação desenvolvida em 1.6.6, reforça sugestivamente a hipótese de que a melhoria no desempenho da MCP (CARPENTER, JUST & SCHELL, 1990; COLOM & FLORES-MENDOZA, 2001; JUST & CARPENTER, 1992) e da atenção (ARTHUR, BARRET & DOVERSPIKE, 1990; HUTTON, WILDING & HUDSON, 1996; NAKAGAWA, 1996; SCHWEIZER, 2001) conduzem a uma melhoria nos indicadores da inteligência psicométrica (fator g).

De uma forma geral, os resultados apresentados sugerem ser esta uma linha de investigação promissora, na qual diversas questões futuras podem ser levantadas, como por exemplo: a) que efeito teria este mesmo protocolo de treinamento, variando-se os pontos da topografia cerebral, sobre o desempenho cognitivo? b) que efeitos o

treinamento de neurofeedback possui sobre outras variáveis psicológicas (p. ex., ansiedade) e funções cognitivas (p. ex., percepção)? c) que variações poderiam ser realizadas com diferentes técnicas de ajuste dos limiares de reforçamento (thresholds) e ondas cerebrais (frequências)?, etc.

Em resumo, levando-se em consideração os resultados deste trabalho, é possível concluir que o mesmo permitiu compreender alguns aspectos relevantes da técnica do neurofeedback e do seu possível efeito positivo sobre algumas variáveis importantes do funcionamento cognitivo humano. Este se configura, todavia, apenas no ponto de partida para outros estudos que propiciem uma maior compreensão sobre as possibilidades e limitações desta técnica.

VII – REFERÊNCIAS

- ABARBANEL, A. (1995). Gates, states, rhythms, and resonances: The scientific basis of neurofeedback training. ***Journal of Neurotherapy***, 1, 2, 15-38.
- ABARBANEL, A. (1999). The neural underpinnings of neurofeedback training. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), ***Introduction to quantitative EEG and neurofeedback***. New York: Academic Press.
- ABIPEME – Associação Brasileira dos Institutos de Pesquisa de Mercado (1994). ***Proposição para um novo critério de classificação sócio-econômica***. São Paulo: ABIPEME.
- ANDERSEN, P. & ANDERSSON, S. A. (1968). ***Physiological basis of the alpha rhythm***. New York: Century-Crofts.
- ANGELINI, A. L. et al. (1999). ***Manual: Matrizes progressivas coloridas de Raven escala especial***. São Paulo: Centro Editor de Testes e Pesquisas em Psicologia.
- ANSTEY, K. J., LUSZCZ, M. A. & SANCHEZ, L. (2001). Two-year decline in vision but not hearing is associated with memory decline in very old adults in a population-based sample. ***Gerontology***, 47, 5, 289-293.
- ARTHUR, W., BARRET, G. V., & DOVERSPIKE, D. (1990). Validation of an information processing-based test battery for the prediction of handling accidents among petroleum-product transport drivers. ***Journal of Applied Psychology***, 75, 621-628.
- ASSOCIATION FOR APPLIED PSYCHOPHYSIOLOGY AND BIOFEEDBACK (2001). ***What is biofeedback?*** Wheat Ridge, USA: The Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback. Disponível na Internet: <http://www.aapb.org/public/articles/>

details.cfm?id=4 [18 julho 2001].

AYERS, M. E. (1999). Assessing and treating open-head trauma, coma, and stroke using real-time digital EEG neurofeedback. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), **Introduction to quantitative EEG and neurofeedback**. New York: Academic Press.

BADDELEY, A. (1986). **Working memory**. London: Oxford University Press.

BAEHR, E. et al. (1999). Clinical use of an alpha asymmetry neurofeedback protocol in the treatment of mood disorders. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), **Introduction to quantitative EEG and neurofeedback**. New York: Academic Press.

BARRET, M. (2000). Practical and ethical issues in planning research. In: G. M. Breakwell, S. Hammond & C. Fife-Schaw (Orgs.), **Research methods in Psychology**, 2.ed., London: SAGE.

BENNETT, M. R. (1999). The early history of the sinapse: From Plato to Sherrington, **Brain Research Bulletin**, 50, 95-118.

BEN-SHAKHAR, G. & SHEFFER, L. (2001). The relationship between the ability to divide attention and standard measures of general cognitive abilities. **Intelligence**, 29, 4, 293-306.

BITTENCOURT, A. L. (2000). Mecanismo de ação do etanol: Envolvimento de glutamato, gaba e dopamina. **Revista de Psiquiatria Clínica**, 27, 1, 54-67.

BOCCALANDRO, E. R. (1978). **Teste V-47: Manual de aplicação**. São Paulo: Vetor.

BRANDÃO, M. L. (2001). **Psicofisiologia**. 2.ed., São Paulo: Atheneu.

BRICKENKAMP, R. (1990). **Teste D2 de atenção concentrada: Manual de instruções, avaliação e interpretação**. São Paulo: Casa do Psicólogo.

BROWN, V. B. (1995). Neurofeedback and Lyme's disease: A clinical

application of the 5 phase model of CNS functional transformation and integration. ***Journal of Neurotherapy***, 1, 2, 6-19.

BROWNBAC, T. & MASON, L. (1999). Neurotherapy in the treatment of dissociation. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), ***Introduction to quantitative EEG and neurofeedback***. New York: Academic Press.

BUDZYNSKY, T. H. (1999). From EEG to neurofeedback. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), ***Introduction to quantitative EEG and neurofeedback***. New York: Academic Press.

BUDZYNSKY, T. H. et al. (1999). Academic performance enhancement with photic stimulation and EDR feedback. ***Journal of Neurotherapy***, 3, 3, 13-23.

CANTOR, D. S. (1999). An overview of quantitative EEG and its applications to neurofeedback. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), ***Introduction to quantitative EEG and neurofeedback***. New York: Academic Press.

CARPENTER, P. A., JUST, M. A. & SHELL, P. (1990). What one intelligence test measures: A theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices test. ***Psychological Review***, 97, 404-431.

CARTER, R. (1999). ***Mapping the mind***. Los Angeles: University of California Press.

CATANIA, C. A. (1999). ***Aprendizagem: Comportamento, linguagem e cognição***. Porto Alegre: Artmed.

CHERNIGOVSKEYA, N. (1984). Biofeedback control in epilepsy and neuroses. In: T. Elbert et al. (Orgs.), ***Self-regulation of the brain and behavior***. Berlin: Springer-Verlag.

COLLURA, T. F. (2001). The measurement, interpretation and use of EEG frequency bands. In: T. F. Collura (Org.), ***General Manuals and Technical Information Release 1.9***. Oakwood Village, Ohio: Brain Master Technologies.

- COLLURA, T. F. (2001a). Practical issues concerning EEG biofeedback devices, protocols and methods. In: T. F. Collura (Org.), **General Manuals and Technical Information Release 1.9**. Oakwood Village, Ohio: Brain Master Technologies.
- COLOM, R. & FLORES-MENDOZA, C. (2001). Inteligencia y memoria de trabajo: La relación entre factor g, complejidad cognitiva y capacidad de procesamiento. **Psicología: Teoría e Investigación**, 17, 1, 37-47.
- COWAN, N. (1994). Mechanisms of verbal short-term memory. **Current Directions in Psychological Science**, 3, 185-189.
- CRANE, A. & SOUTAR, R. (2000). **Mindfitness training: Neurofeedback and the process**. New York: Writers Club Press.
- CRATTY, B. (1989). **Psychology in contemporary sport**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- DERRYBERRY, D. & TUCKER, D. M. (1994). Motivating the focus of attention. In: P. M. Niedenthal & S. Kitayama (Orgs.), **The heart's eye: Emotional influences in perception and attention**. San Diego, CA: Academic Press.
- DÉTÁRI, L. (2000). Tonic and phasic influence of basal forebrain unit activity on the neocortical EEG. **Behavioural Brain Research**, 115, 159-170.
- DEUTSCH, J. A. & DEUTSCH, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. **Psychological Review**, 70, 1, 80-90.
- EICHEMBAUM, H. B. (1999). Learning and memory: Systems analysis. In: M. J. Zigmond et al. (Orgs.), **Fundamental neuroscience**. San Diego, CA: Academic Press.
- ENGLE, R. W. et al. (2001). Working memory, short-term memory and

general fluid intelligence: A latent variable model approach. **Journal of Experimental Psychology**, no prelo.

EVANS, J. R. & ABARBANEL, A. (Orgs.) (1999). **Introduction to quantitative EEG and neurofeedback**. New York: Academic Press.

EYSENCK, M. W. & KEANE, M. T. (1994). **Psicologia cognitiva: Um manual introdutório**. Porto Alegre: ArtMed.

FLORES-MENDOZA, C. E. (1998). **Processamento cognitivo básico e inteligência em deficientes mentais**. Tese de Doutorado. Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

FRANCKOWIAK, I. T. T. (1990). **Funções cerebrais em tarefas psicológicas**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

GARCIA, E. A. C. (1998). **Biofísica**. São Paulo: Sarvier.

GAZZANIGA, M. S., IVRY, R. B., & MANGUN, G. R. (1998). **Cognitive neuroscience: The biology of the mind**. New York: Norton.

GIANNITRAPANI, D. (1969). EEG average frequency and intelligence. **Electroencephalography & Clinical Neurophysiology**, 27, 480-486.

GIANNITRAPANI, D. (1988). The role of 13Hz activity in mentation. In: D. Giannitrapani & L. Murri (Orgs.), **The EEG of mental activities**. New York: Karger.

GLASER, E. M. & RUCHKIN, D. S. (1976). **Principles of neurological signal analysis**. New York: Academic Press.

GOPHER, D. (1982). A selective attention test as a predictor of success in flight training. **Human Factors**, 27, 173-184.

GOTTFREDSON, L. S. (1996). Why g matters: The complexity of everyday life. **Intelligence**, 24, 1, 79-132.

- GREEN, E. & GREEN, A. (1977). **Beyond biofeedback**. New York: Delta.
- GREEN, S. B., SALKIND, N. J. & AKEY, T. M. (2000). **Using SPSS for windows: Analyzing and understanding data**. 2.ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- HABERLANDT, K. (1997). **Cognitive psychology**. Boston: Allyn & Bacon.
- HRACHOVY, R. A. (2001). Eletroencefalografia. In: L. A. Rolak (Org.), **Segredos em neurologia**, 2.ed., Porto Alegre: ArtMed.
- HUTTON, U., WILDING, J., & HUDSON, R. (1996). The role of attention in the relationship between inspection time and IQ in children. **Intelligence**, 24, 3, 445-460.
- JAMES, W. (1890). **Principles of Psychology**. New York: Holt.
- JASPER, H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. **EEG Clinical Neurophysiology**, 10, 371-375.
- JOHNSTON, W. A. & HEINZ, S. P. (1978). Flexibility and capacity demands of attention. **Journal of Experimental Psychology**, 107, 420-435.
- JOHNSTON, W. A. & WILSON, J. (1980). Perceptual processing of non-targets in an attention task. **Memory & Cognition**, 8, 372-377.
- JOSEPH, R. (1996). **Neuropsychiatry, neuropsychology and clinical neuroscience**, 2.ed., Pennsylvania: Williams & Wilkins.
- JUST, M. & CARPENTER, P. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. **Psychological Review**, 99, 122-149.
- KAISER, D. (1999). Impact of SMR/Beta training on neurocognitive performance. **Journal of Neurotherapy**, 3, 4, 178-189.
- KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H., & JESSEL, T. M. (1997). **Fundamentos da neurociência e do comportamento**. Rio de

Janeiro: Guanabara-Koogan.

KIMURA, J. (2001). ***Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: Principles and practice***. 3. ed., Philadelphia: F. A. Davis.

KLIMESCH, W., VOGT, F., & DOPPELMAYR, M. (1999). Interindividual differences in alpha and theta power reflect memory performance. ***Intelligence***, 27, 4, 347-362.

LAIBOW, R. (1999). Medical applications of neurobiofeedback. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), ***Introduction to quantitative EEG and neurofeedback***. New York: Academic Press.

LARSON, C. L. et al. (1998). Relations between PET-derived measures of thalamic glucose metabolism and EEG alpha power. ***Psychophysiology***, 35, 162-169.

LINDGREN, K. K. et al. (1999). Thalamic metabolic rate predicts EEG alpha power in health control subjects but not in depressed patients. ***Biological Psychiatry***, 48, 8, 943-952.

LUBAR, J. F. (1984). Applications of operant conditioning of the EEG for the management of epileptic seizures. In: T. Elbert et al. (Orgs.), ***Self-regulation of the brain and behavior***. Berlin: Springer-Verlag.

LUBAR, J. F. (1995). Neurofeedback for the management of attention-deficit/hyperactivity disorders. In M. S. Schwartz (Org.), ***Biofeedback: A practitioner's guide***. New York: Guilford Press.

LUBAR, J. F. ET AL. (1995). Quantitative EEG and auditory event-related potentials in the evaluation of attention-deficit/hyperactivity disorder: Effects of methylphenidate and implications for neurofeedback training. ***Journal of Psychoeducational Assessment***, 2, 143-160.

LUBAR, J. F. & LUBAR, J. O. (1999). Neurofeedback assessment and treatment for attention deficit/hyperactivity disorders. In: J. R.

Evans & A. Abarbanel (Orgs.), ***Introduction to quantitative EEG and neurofeedback***. New York: Academic Press.

MARCER, D. (1986). ***Biofeedback and related therapies in clinical practice***. London: Croom Helm.

MARROCCO, R. T. & DAVIDSON, M. C. (1998). Neurochemistry of attention. In: R. Parasuraman (Org.), ***The attentive brain***. Cambridge: MIT Press.

MARTIN, J. H. (1998). ***Neuroanatomia: Texto e atlas***. Porto Alegre: ArtMed.

McGRADY, A. & BAILEY, B. (1995). Biofeedback-assisted relaxation and diabetes mellitus. In M. S. Schwartz (Org.), ***Biofeedback: A practitioner's guide***. New York: Guilford Press.

McGRADY, A., OLSON, R. P., & KROON, S. (1995). Biobehavioral treatment of essential hypertension. In M. S. Schwartz (Org.), ***Biofeedback: A practitioner's guide***. New York: Guilford Press.

McMINN, R. M. H., HUTCHINGS, R. T. & LOGAN, B. M. (2000). ***Atlas colorido de anatomia da cabeça e pescoço***, 2.ed., São Paulo: Artes Médicas.

MILLAR, D. et al. (1996). ***The Cambridge dictionary of scientists***. Cambridge: Cambridge University Press.

MINHOTO, G. R. (1999). ***Eficácia do biofeedback como terapêutica na fibromialgia***. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (1997). ***Resolução CNS 196/96: Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos***. Brasília: Conselho Nacional de Ética em Pesquisa, Ministério da Saúde. Disponível na Internet: http://conselho.saude.gov.br/comissao/eticapesq_2.htm#resolucoes, [31 julho 2001].

MUNDY-CASTLE, A. C. (1958). Electrophysiological correlates of

intelligence. ***Journal of Personality***, 27, 184-199.

MYERHOF, P. G. (1978). ***Modificação do comportamento motor de um hemiplégico adulto com o emprego de biofeedback***. Dissertação de Mestrado. Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

NAKAGAWA, A. (1996). Attentional balance and intelligence. ***Intelligence***, 22, 277-290.

NETTELBECK, T. & LALLY, M. (1976). Inspection time and measured intelligence. ***British Journal of Psychology***, 67, 17-22.

NETTELBECK, T. & RABBITT, P. M. (1992). Aging, cognitive performance and mental speed. ***Intelligence***, 16, 2, 189-205.

NETTO, M. P. C. (1979). ***Experiência-alfa: Falácia ou realidade? (Um estudo EEG "biofeedback" do ritmo alfa occipital)***. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

NICHOLLS, J. G., MARTIN, R. & WALLACE, B. G. (1992). ***From neuron to brain: A celular and molecular approach to the function of the nervous system***. 3.ed., Sunderland, MA: Sinauer.

NIDEFFER, R. M. (1976). Test of attentional and interpersonal style. ***Journal of Personality and Social Psychology***, 34, 394-404.

NIDEFFER, R. M. (1998). ***The ethics and practice of applied sport psychology***. New York: Movement Publishing.

NORRIS, S. L. & CURRIERI, M. (1999). Performance enhancement training through neurofeedback. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), ***Introduction to quantitative EEG and neurofeedback***. New York: Academic Press.

NUNEZ, P. (1995). ***Neocortical dynamics and human EEG rhythms***. New York: OUP.

OLIVEIRA, J. M. & AMARAL, J. R. (1997). ***Princípios de neurociência***.

São Paulo: Tecnopress.

- OLSON, R. P. (1995). Definitions of biofeedback and applied psychophysiology. In: M. S. Schwartz (Org.), ***Biofeedback: A practitioner's guide***. New York: Guilford Press.
- OTHMER, S., OTHMER, S. F. & KAISER, D. A. (1999). EEG Biofeedback: An emerging model for its global efficacy. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), ***Introduction to quantitative EEG and neurofeedback***. New York: Academic Press.
- PARASURAMAN, R., WARM, J. S., & SEE, J. E. (1998). Brain systems of vigilance. In: R. Parasuraman (Org.), ***The attentive brain***. Cambridge: MIT Press.
- PEEK, C. J. (1995). A primer of biofeedback instrumentation. In: M. S. Schwartz (Org.), ***Biofeedback: A practitioner's guide***. New York: Guilford Press.
- PELLEGRINI, A. M. (1988). ***Estilos cognitivos e atenção na execução simultânea de duas tarefas***. Tese de Livre Docência. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.
- PENISTON, E. G. & KULKOSKY, P. J. (1990). Alcoholic personality and alpha-theta brain wave training. ***Medical Psychotherapy***, 3, 37-55.
- PENISTON, E. G. & KULKOSKY, P. J. (1991). Alpha-theta brain wave neurofeedback for Vietnam veterans with combat post-traumatic stress disorder. ***Medical Psychotherapy***, 4, 47-60.
- PENISTON, E. G. & KULKOSKY, P. J. (1999). Neurofeedback in the treatment of addictive disorders. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), ***Introduction to quantitative EEG and neurofeedback***. New York: Academic Press.
- PETERSON, J. M. (2000). Notes on the role of neurotherapy in the treatment of post-traumatic stress disorder. ***Biofeedback***, 28, 3, 1-6.

- POLTROCK, S. E., LANSMAN, M., & HUNT, E. (1982). Automatic and controlled attention processes in auditory target detection. ***Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance***, 8, 37-45.
- POTASHKIN, B. D. & BECKLES, N. (1990). Relative efficacy of ritalin and biofeedback treatments in the management of hyperactivity. ***Biofeedback and Self-Regulation***, 15, 4, 305-315.
- RAINHO, O. (2001). ***Bateria fatorial CEPA: Testes de aptidão específica***. 2.ed., Rio de Janeiro: Centro Editor de Psicologia Aplicada.
- RASEY et al. (1996). EEG biofeedback for the enhancement of attentional processing in normal college students. ***Journal of Neurotherapy***, 1, 3, 47-55.
- RAVEN, J. C. (1965). ***Manual: Matrizes progressivas escala avançada***. Rio de Janeiro: Centro Editor de Psicologia Aplicada.
- RAVEN, J. C. (2000). ***Caderno de testes: Testes das matrizes progressivas escala avançada – Série II***. (F. Campos, trad.), Rio de Janeiro: Centro Editor de Psicologia Aplicada.
- RAVEN, J. C. (2001). ***Caderno de testes: Testes das matrizes progressivas escala avançada – Série I***. (F. Campos, trad.), 2.ed., Rio de Janeiro: Centro Editor de Psicologia Aplicada.
- RAVEN, J. C., COURT, J. H., & RAVEN, J. (1994). ***Advanced progressive matrices: 1994 edition***. Oxford, England: Oxford Psychologists Press.
- RIBEIRO, G. H. C. & GUERRA, D. N. (s.d.). ***Normas brasileiras para o teste das matrizes progressivas de Raven, escala avançada***. São Paulo: LITEP – Laboratório Interdepartamental de Técnicas de Exame Psicológico, Instituto de Psicologia da USP. [datilografado].

- ROBBINS, J. (2000). ***A symphony in the brain: The evolution of the new brain wave biofeedback***. New York: Atlantic Monthly Press.
- ROCKSTROH, S. & SCUWEIZER, K. (2001). The contributions of memory and attention processes to cognitive abilities. ***The Journal of General Psychology***, 128, 1, 30-40.
- ROSSITER, T. R. & LAVAQUE, T. J. (1995). A comparison of EEG biofeedback and psychoestimulants in treating attention deficit/hyperactivity disorders. ***Journal of Neurotherapy***, 2, 48-59.
- ROZELLE, G. R. & BUDZYNSKI, T. H. (1995). Neurotherapy for stroke rehabilitation: A single case study. ***Biofeedback and Self Regulation***, 3, 211-228.
- RUGG, M.D. (1995). Event-related potential studies of human memory. In M. S. Gazzaniga (Org.), ***The cognitive neurosciences***. Cambridge: Bradford.
- SAMULSKY, M. D. (1995). ***Psicologia do esporte: Teoria e aplicação prática***. Belo Horizonte: Imprensa Universitária / UFMG.
- SAUNDERS, D. R. (1961). Digit span and alpha frequency: A cross validation. ***Journal of Clinical Psychology***, 17, 165-167.
- SCHIFFRIN, R. M. & SCHNEIDER, W. (1977). Controlled and automatic human information processing. II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. ***Psychological Review***, 2, 127-190.
- SCHMIDT, D. et al. (2002). Brain systems engaged in encoding and retrieval of word-pair associates independent of their imagery content or presentation modalities. ***Neuropsychologia***, 40, 4, 457-470.
- SCHNEIDER, W. & SCHIFFRIN, R. M. (1977). Controlled and automatic

human information processing: I. Detection, search, attention.
Psychological Review, 1, 1-66.

SCHWARTZ, M. S. (1995). Headache: Selected issues and considerations in evaluation and treatment. In M. S. Schwartz (Org.), ***Biofeedback: A practitioner's guide***. New York: Guilford Press.

SCHWARTZ, M. S. (1995a). Intake decisions and preparations of patients for therapy. In M. S. Schwartz (Org.), ***Biofeedback: A practitioner's guide***. New York: Guilford Press.

SCHWARTZ, M. S. & KELLY, M. F. (1995). Raynaud's disease: Selected issues and considerations in using biofeedback therapies. In M. S. Schwartz (Org.), ***Biofeedback: A practitioner's guide***. New York: Guilford Press.

SCHWEIZER, K. (2001). Preattentive processing and cognitive ability. ***Intelligence***, 29, 169-186.

SHEER, D. E. (1984). Focused arousal, 40Hz EEG, and dysfunction. In: T. Elbert et al. (Orgs.), ***Self-regulation of the brain and behavior***. Berlin: Springer-Verlag.

SITA, L. V. (2000). ***Núcleo interoanterodorsal do tálamo: Aspectos citoarquitetônicos, neuroquímicos e aferências***. Dissertação de Mestrado. Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SMITH, J. D. & BARON, J. (1981). Individual differences in the classification of stimuli by dimensions. ***Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance***, 7, 1132-1145.

SOLOMON, G. S. et al. (1986). Relationship among Wechsler intelligence and memory scale quotients in adult closed head injured patients. ***Journal of Clinical Psychology***, 42, 2, 318-323.

SQUIRE, L. R. (1987). ***Memory and brain***. New York: Oxford University Press.

SQUIRE, L. R. & KANDEL, E. R. (1999). ***Memory: From mind to***

molecules. New York: Scientific American Library.

STANKOV, L. & CRAWFORD, J. D. (1997). Self-confidence and performance on tests of cognitive abilities. ***Intelligence***, 25, 2, 93-109.

SPSS (1999). **Statistical package for the social sciences for windows**, Versão 10.0.1. Chicago: SPSS Inc.

STERIADE, M. et al. (1985). Abolition of spindle oscillation in thalamic neurons disconnected from nucleus reticularis thalami. ***Journal of Neurophysiology***, 54, 1473-1497.

STERIADE, M., McCORMICK, D. A. & SEJNOWSKI, T. J. (1993). Thalamocortical oscillations in the sleeping and aroused brain. ***Science***, 262, 679-685.

STERNBERG, R. J. (2000). ***Psicologia cognitiva***. Porto Alegre: ArtMed.

STRIEFEL, S. (1995). Professional ethical behavior for providers of biofeedback. In M. S. Schwartz (Org.), ***Biofeedback: A practitioner's guide***. New York: Guilford Press.

STRIEFEL, S. (1999). Ethical, legal, and professional pitfalls associated with neurofeedback services. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), ***Introduction to quantitative EEG and neurofeedback***. New York: Academic Press.

TANSEY, M. A. (1993). Ten year stability of EEG biofeedback results for a 10 years old hyperactive boy who failed fourth grade in class for the perceptually impaired. ***Biofeedback and Self-Regulation***, 18, 33-44.

THORNTON, K. (2000). Improvement/rehabilitation of memory functioning with neurotherapy/QEEG biofeedback. ***Journal of Head Trauma Rehabilitation***, 6, 1285-1296.

TREISMAN, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. ***Journal of Experimental Psychology***, 12, 242-248.

- TRUDEAU, D. L. (2000). A review of treatment of addictive disorders by EEG biofeedback. ***Clinical Electroencephalography***, 31, 13-26.
- TULVING, E. & SHACTER, D. L. (1990). Priming and human memory systems. ***Science***, 247,301-306.
- UNDERWOOD, G. (1993). Introduction. In: G. Underwood (Org.), ***The psychology of attention***. Great Yarmouth, England: Edward Elgar Publishing Company.
- VIEIRA, S. (1999). ***Estatística experimental***, 2.ed., São Paulo: Atlas.
- VOGT, F., KLIMESCH, W., & DOPPELMAYR, M. (1998). High-frequency components in the alpha band and memory performance. ***Journal of Clinical Neurophysiology***, 15, 167-172.
- WESTERMEYER, R. (2001). ***The cognitive model of anxiety***. San Diego, CA: HabitSmart. Disponível na Internet: <http://www.cts.com/crash/habtsmrt/anx.html> [21 outubro 2001].
- WHITE, N. E. (1999). Theories of the effectiveness of alpha-theta training for multiple disorders. In: J. R. Evans & A. Abarbanel (Orgs.), ***Introduction to quantitative EEG and neurofeedback***. New York: Academic Press.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (1993). ***International ethical guidelines for biomedical research involving human subjects***. Geneve: Council for International Organization of Medical Sciences, World Health Organization.
- YOUNG, P. A. & YOUNG, P. H. (1998). ***Bases da neuroanatomia clínica***. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan.

VIII – ANEXOS

Anexo I – Questionário de Identificação

*As informações aqui contidas serão mantidas em caráter **confidencial**.*

I – Dados de Identificação

Data da Entrevista: ____/____/____ Código: _____
Nome: _____ Sexo: M() F() Nascimento: ____/____/____
Estado Civil: () solteiro/a () casado/a viúvo/a () separado/a ou divorciado/a ()
Escolaridade: () Sup. Completo () Sup. Incomp. Curso: _____
Tipo de Instituição: () Pública () Privada () Mista
Trabalha atualmente? () Sim () Não
Endereço: _____
____ Cidade: _____ UF: _____ CEP: _____ Tel: _____
____ Celular: _____ Tel. Comercial: _____
Renda Familiar Mensal: R\$ _____

II – Saúde

1 – Realiza tratamento de alguma espécie e/ou utiliza alguma medicação atualmente, de forma regular? Especificar:

() homeopática () alopática () outras

2 - Utiliza alguma medicação atualmente, de forma esporádica? Especificar:

() homeopática () alopática () outras

3 - Sofre de alguma doença atualmente? Qual?

4 - Doenças que já teve (inclusive na infância):

5 - Já foi internado? Sofreu cirurgia? Quando e por que motivo?

6 – Menciona o uso de drogas? Quais? Com que periodicidade?

7 - Algum parente próximo (falecido ou vivo) já sofreu de: (Discriminar grau de parentesco):

() Alcoolismo

() Epilepsia

() Distúrbios mentais

() Não sabe responder

() Dependência de drogas

() Outros _____

8 – Já realizou algum tipo de tratamento utilizando técnicas de biofeedback ou neurofeedback?

() Sim

() Não

Anexo II – Consentimento Informado

A) Identificação e Proposta

O Prof. Ms. Fabio Appolinário, Psicólogo, CRP 06/48.426-5, aluno do programa de pós-graduação nível doutorado junto ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo (USP), sob a orientação do Prof. Dr. Adail Victorino Castilho (PSA-IP-USP) está conduzindo um estudo sobre as ondas cerebrais através de uma técnica denominada neurofeedback.

B) Convite e Recusa

Eu, _____, estou sendo convidado a participar deste estudo, tendo sido selecionado em função de atender aos pré-requisitos técnicos definidos no referido estudo (possuir nível de escolaridade superior completo ou em curso, possuir um bom estado geral de saúde, sem histórico médico de doenças neurológicas [p. ex., epilepsia] e/ou distúrbios de aprendizagem). Eu sei que a minha participação nesta pesquisa é absolutamente voluntária. Eu tenho o direito de recusar a participar ou desistir em qualquer ponto deste estudo. Minha decisão em participar ou não desta pesquisa não terá nenhum tipo de consequência pessoal ou institucional.

C) Procedimentos

Se eu concordar em participar deste estudo, o seguinte ocorrerá: O pesquisador irá me fazer perguntas previamente estipuladas num questionário, ele irá ouvir minhas respostas e anotá-las. Esta entrevista será realizada numa sala fechada, onde somente eu e o pesquisador

estaremos presentes. Serei perguntado acerca do meu estado geral de saúde atual, meu histórico de doenças, meu desempenho acadêmico (se for o caso), e dados pessoais gerais (idade, renda mensal familiar, etc.).

Caso eu seja selecionado para o estudo, concordarei em me submeter a uma bateria de testes psicológicos que medirão minha atenção, memória, inteligência e outras de minhas capacidades cognitivas.

Após esta bateria de testes, é possível que eu tenha que me submeter a um treinamento (neurofeedback) que consistirá de aproximadamente 20 a 30 sessões com a duração média de 50 minutos cada uma, realizadas com a frequência de três vezes por semana. No entanto, poderei não ser selecionado (por sorteio) para este treinamento, realizando apenas os testes psicológicos.

Ao final do treinamento (aproximadamente após dois meses do início do estudo), submeter-me-ei novamente a nova bateria de testes psicológicos similares aos anteriores.

D) Risco / Desconforto

Não há nenhum efeito prejudicial antecipado em participar desta pesquisa. Algumas das perguntas do questionário podem ser consideradas pessoais (p. ex., renda familiar mensal). O treinamento de neurofeedback em si não possui nenhuma contra-indicação ou efeito-colateral. As sessões de treinamento, entretanto, exigem esforço de concentração e necessitam da minha colaboração integral para serem efetivas. Se algum desses procedimentos, contudo, deixarem-me chateado ou desconfortável, eu sou livre para me recusar a responder às perguntas, fazer os testes ou iniciar/continuar o treinamento.

E) Sigilo

Meus dados serão guardados e utilizados o mais confidencialmente possível. Nenhuma identidade pessoal será usada em qualquer relato ou publicação que possam resultar desse estudo. Nenhum nome será associado ao questionário ou aos testes psicológicos. Tais documentos serão numerados e somente o pesquisador terá acesso às informações que poderiam associar o número à pessoa. Estas informações ficarão trancadas em um lugar diferente dos questionários.

F) Benefícios

Eu terei a oportunidade de receber uma sessão de aconselhamento psicológico ao término do estudo, num período de maior conveniência para mim, além de receber uma avaliação do pesquisador, no que se refere ao processo experimental como um todo, e também, de certos aspectos de meu desempenho cognitivo, como por exemplo, meu nível de atenção e memória.

G) Questões

Se eu tiver alguma questão ou comentário sobre a minha participação neste estudo, eu poderei conversar com o Prof. Ms. Fabio Appolinário na Universidade de São Paulo. O endereço é: Instituto de Psicologia da USP, Av. Prof. Mello Moraes, 1721, Sala 158 – Cidade Universitária, São Paulo, SP, Cep. 05508–900. O telefone do Instituto é: 3818–4184.

Caso eu prefira conversar com o orientador do pesquisador, o endereço é o mesmo, e o telefone é 3818–4183 Ramal 46.

H) Consentimento

Eu conversei com o pesquisador sobre este estudo e foi dada uma cópia deste consentimento para mim. Eu entendi tudo o que li e o que ouvi e tive minhas perguntas respondidas. A participação neste estudo é voluntária. Eu sou livre para recusar estar no estudo ou desistir a qualquer momento.

Data: __/__/__

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador

Anexo III – Questionário de Avaliação Final

- 1) Avalie, segundo a sua opinião, o seu desempenho nos quesitos abaixo, antes e depois do treinamento realizado. Para tanto, utilize a escala a seguir:

1 – Muito Ruim
2 – Ruim
3 – Razoável
4 – Bom
5 – Muito Bom

<i>Quesito</i>	<i>Antes do Treinamento</i>	<i>Depois do Treinamento</i>
Capacidade de Concentração Geral (nas aulas)		
Capacidade de Concentração Geral (no trabalho)		
Desempenho Intelectual Geral		
Desempenho da Memória		

- 2) Na sua concepção, que outras modificações ocorreram em função do treinamento realizado? _____

- 3) Você acredita ter conseguido obter algum controle sobre as emissões das suas ondas cerebrais? _____

- 4) Você acredita que, após as sessões realizadas, consegue reproduzir o estado de concentração sem o auxílio do equipamento? _____

[illegible]

ANEXO IV - Exemplo de Formulário de Registro de Sessão

REGISTRO DE SESSÃO

Nome	Curso	Sala	Período	Horário
				9:40 - 10:20hs

Sessão	Data	Tempo	Thresholds			Pts	Obs
			Teta	SMR	Beta-		
01	05/09	10''	—	—	—	—	Sessão livre
02	06/09	12''	6,0	1,0	8,0	560	—
03	06/09	12''	6,0	1,5	7,0	501	—
04	11/09	14''	6,0	1,5	5,5	326	—
05	11/09	14''	6,0	2,0	5,0	271	—
06	12/09	15''	6,0	2,0	4,5	203	—
07	12/09	15''	6,0	2,0	4,5	227	—
08	13/09	15''	6,0	2,0	4,0	160	—
09	13/09	15''	6,0	2,0	4,0	247	—
10	18/09	15''	5,5	2,0	4,0	151	—
11	19/09	15''	5,5	2,0	4,0	267	—
12	19/09	15''	5,5	2,0	3,5	258	—
13	19/09	15''	5,5	2,0	3,5	294	—
14	20/09	15''	5,5	2,5	3,0	058	—
15	20/09	15''	5,5	2,5	3,0	054	—
16	25/09	15''	5,5	2,5	3,0	106	—
17	25/09	15''	5,5	2,5	3,0	056	—
18	26/09	15''	5,5	2,5	3,0	017	—
19	26/09	15''	5,5	2,5	3,0	095	—
20	26/09	15''	5,0	2,5	3,0	090	—
21	02/10	15''	5,0	2,5	3,0	102	—
22	02/10	15''	5,0	2,5	3,0	096	—
23	03/10	15''	5,0	2,5	3,0	060	—
24	03/10	15''	5,0	2,5	3,0	049	—
25	04/10	15''	5,0	2,5	3,0	056	—
26	04/10	15''	5,0	2,5	3,0	057	—
27	09/10	15''	5,0	2,5	3,0	034	—
28	09/10	15''	5,0	2,5	3,0	028	—
29	09/10	15''	5,0	2,5	3,0	056	—
30	10/10	15''	5,0	2,6	3,0	040	—
31	10/10	15''	5,0	2,6	3,0	043	—
32	11/10	15''	5,0	2,6	3,0	046	—
33	11/10	15''	5,0	2,6	3,0	058	—
34	17/10	15''	5,0	2,6	3,0	067	—
35	17/10	15''	5,0	2,7	2,9	099	—
36	18/10	15''	5,0	2,7	2,9	107	—
37	18/10	15''	5,0	2,7	2,9	118	—
38	18/10	15''	5,0	3,0	2,9	123	—

ANEXO V – Fotos (fictícias) da Situação Experimental

Fonte: Fabio Appolinário

Fonte: Fabio Appolinário

Fonte: Fabio Appolinário

Fonte: Fabio Appolinário