

**UNIVERSIDADE POSITIVO
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**INDUTOR DE ONDAS CEREBRAIS POR BATIMENTO
BINAURAL**

Rafael Ferreira França

**Monografia apresentada à disciplina de Projeto Final como requisito parcial à conclusão
do Curso de Engenharia da Computação, orientada pelo Prof. José Carlos da Cunha**

UNIVERSIDADE POSITIVO/NCET

Curitiba

2008

TERMO DE APROVAÇÃO

Rafael Ferreira França

Indutor de Ondas Cerebrais por Batimento Binaural

Monografia aprovada como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia da Computação da Universidade Positivo, pela seguinte banca examinadora:

Prof. José Carlos da Cunha (Orientador)

Prof. Marcelo Mickoz Gonçalves

Prof. Valfredo Pilla Jr.

Curitiba, 01 de Dezembro de 2008.

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente de agradecer meus pais, pelo apoio, pela atitude e por seus ensinamentos. Agradeço por terem me ensinado a tomar decisões, a acreditar na minha capacidade e terem me ensinado a ter sede de conhecimento.

A minha namorada que sempre me deu força nas horas difíceis.

Aos meus amigos, que sempre me apoiaram e me ajudaram nas horas que eu sempre precisei. Em especial a meu amigo Ricardo Ross que se mostrou muito valioso durante todos esse anos. Obviamente não posso esquecer de meus companheiros de jornada que contribuíram sempre de alguma forma para meu crescimento profissional ou pessoal, tais como Tiago Cardan, Maira Ranciaro, Fernando Trentini, Ricardo Moraes, Cretan Pires, Cristiano Costa, Rafael Descio, entre outros.

A todos meus professores, porém em especial ao meu coordenador José Carlos da Cunha, por ter acreditado em meu potencial, em meu projeto e por ter se mostrado além de um excelente coordenador e professor, um grande amigo. Ao professor Gilmar Macohin que me ensinou a enxergar além, a desenvolver meu real potencial e que para mim se tornou um de meus maiores mentores.

RESUMO

O presente projeto consiste em um Indutor de Ondas Cerebrais por Batimento Binaural (IOC), se tratando de um equipamento versátil que possa ser aplicado em consultórios de psicologia no tratamento de diversas síndromes, tais como stress, atenção deficiente, epilepsia, entre outros.

O Batimento Binaural é uma propriedade cerebral, resultado da assimetria do cérebro. Basicamente uma técnica de indução visual e sonora que ao ser aplicado da maneira correta pode induzir uma pessoa a um determinado estado cerebral. Além dos consultórios de psicologia como auxílio a tratamento de pacientes que mantêm padrões depressivos, este equipamento também pode ser usado no tratamento de déficits de atenção, dependência química, síndrome do pânico e até no tratamento de estresse (Siever, 2004).

O projeto difere dos sistemas de BrainMachine comerciais pelo seu baixo custo e pela sua proposta de personalização, pois ele permite com que o psicólogo crie sua própria seção, além de ter posteriormente controle total sobre ela.

Palavras chave:

Indutor de Cerebral, Brain Machine, Consciência, Batimentos Binaural

BRAIN WAVES INDUCTOR THROUGH BINAURAL BEATS

ABSTRACT

This project consists in a Brain Waves Inductor through Binaural Beats technique (IOC) and is dedicated to the development of versatile equipment that can be applied in psychology offices in the treatment of many syndromes as stress, attention deficient, epilepsy and others.

The Binaural Beats are the resultant of a cerebral asymmetry property, is basically a technique of visual and sound induction that if applied correctly in a person it's going to induce it to a particular state of consciousness. In addition to the use in offices of psychology and help the treatment of depressive patients who maintains depressive standards, this equipment can also be used to treat deficits in attention, chemical addiction, panic attacks and even in the treatment of stress (Siever, 2004).

Its proposal in relation to the existing commercial Brain Machine systems is its customization capability, that allows the psychologist create their own section, in addition to have complete control over it later.

Key words:

Waves Inductor, Brain Machine, Conscious

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	12
CAPÍTULO 2 – CONSTITUIÇÃO DO APARELHO AUDITIVO HUMANO.....	14
2.1-O Sistema Auditivo	14
2.2-A Detecção do Som.....	15
CAPÍTULO 3 – CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA VISUAL HUMANO.....	18
3.1 - A Luz.....	18
3.2 - O Olho Humano	18
3.3 - Processamento da Imagem.....	19
CAPÍTULO 4 – NEUROCIÊNCIA DAS ONDAS CEREBRAIS.....	20
4.1-Ondas Gamma.....	20
4.2-Ondas Beta.....	21
4.3-Ondas Alpha.....	22
4.4-Ondas Theta.....	23
4.5-Ondas Delta.....	23
4.6-Ondas Talpa.....	24
4.7 - Biofeedback e Neurofeedback	25
4.8 - Resposta do Binaural Beats sobre a fotoestimulação.....	25
4.8.1-Seleção de Cores	26
4.9-Aplicações de Binaural Beats	26
4.9.1 - Binaural Beats e a Saúde.....	26
4.9.2 - Binaural Beats usado como recreação.....	27
4.9.3-Binaural Beats no tratamento de Deficiências de Atenção.....	28
4.9.4-Binaural Beats no tratamento de Epilepsia.....	29
CAPÍTULO 5 – ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO.....	30
5.1- Funcionamento do Projeto	30
5.2- Módulo de Hardware.....	31
5.2.1- Componentes do Hardware.....	31
5.2.2- Requisitos de Hardware.....	32
5.2.3- Microcontrolador PIC.....	32
5.2.4- Módulo de Geração de Sinal.....	33
5.2.5- Sistema de Controle Áudio/Vídeo.....	34

5.2.6- Óculos de Estimulação Visual.....	35
5.2.7- Diagrama em Blocos do Hardware.....	36
5.2.8- Fluxograma do Firmware.....	36
5.3- Módulo de Software	37
5.3.1- Diagrama em Blocos do Software.....	38
5.3.2- csSerial.....	38
5.3.3- csArquivo.....	38
5.3.4- Telas.....	39
5.4- Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica.....	40
5.5- Planejamento do Desenvolvimento.....	42
CAPÍTULO 6 – DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO.....	43
6.1- Projeto de Software	43
6.1.1- Diagrama de Classes.....	43
6.1.2- Diagrama de Caso de Uso.....	43
6.1.3- Diagrama de Seqüência	45
6.1.4- Protocolo de Comunicação entre Hardware e Software	47
6.2- Projeto de Hardware	49
6.2.1- Unidade de Controle.....	49
6.2.2- Módulo Oscilador.....	51
6.2.3- Fonte	53
CAPÍTULO 8 – VALIDAÇÃO E RESULTADOS	55
CAPÍTULO 9 - CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXO A – ARTIGO.....	62
ANEXO B – MANUAL	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Sistema Auditivo Humano	16
Figura 2.2: Teoria tonotópica (mapa de tons) do córtex auditivo primário..	17
Figura 3.1: Anatomia do Olho.....	19
Figura 4.1: Eletroencefalograma de uma onda Gamma	21
Figura 4.2: Eletroencefalograma de uma onda Beta	22
Figura 4.3: Eletroencefalograma de uma onda Alpha.....	22
Figura 4.4: Eletroencefalograma de uma onda Theta	23
Figura 4.5: Eletroencefalograma de uma onda Delta.....	24
Figura 4.6: Eletroencefalograma de uma onda Mu/Talfa.....	24
Figura 5.1: BrainMachine.	30
Figura 5.2: Microcontrolador PIC18F4520	32
Figura 5.3: Gerador de Funções XR2206	33
Figura 5.4: Conversor D/A DAC0808.....	34
Figura 5.6: Amplificador de Áudio LM386.....	34
Figura 5.7: Exemplo da estrutura dos Óculos de Estimulação.....	35
Figura 5.8: Diagrama em Blocos do Projeto.....	36
Figura 5.9: Fluxograma do Firmware.....	37
Figura 5.10: Diagrama em Blocos do Software	38
Figura 5.13: Form de Configuração Serial.....	39
Figura 5.12: Form Principal.....	39
Figura 5.14: Planejamento do Projeto.....	42
Figura 6.1: Diagrama de Classes.....	44
Figura 6.2: Diagrama de Caso de Uso	45
Figura 6.3: Diagrama de Seqüência.....	46
Figura 6.4: Unidade de Controle	49
Figura 6.5: Módulo Oscilador	51
Figura 6.6: Senoides geradas pelo sistema.....	52
Figura 6.6: Fonte de Alimentação	53
Figura 8.1 (a,b): Disposição das médias dos escores de TR.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1: Estimativa de custos	40
Tabela 6.1: Protocolo de Comunicação com o Hardware.....	48
Tabela 6.4: Componentes da Unidade de Controle	54

LISTA DE SIMBOLOS

HZ – Hertz

kHz – kiloHz

F - Faraday

μF – microFaraday

nF – nanoFaraday

dB – decibel

W – Watts

V - Volts

LISTA DE SIGLAS

NCET – Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas

IOC – Indutor de ondas cerebrais

BB – Binaural Beats

BM – Brain Machines

Q.I. – Coeficiente de Inteligência

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Após Heinrich Wilhelm Dove ter descoberto em 1939 que as ondas cerebrais podem ser formatadas de maneira que assumam a mesma frequência imposta por flashes de luz e batidas sonoras, diversas pesquisas foram feitas envolvendo este tipo de tecnologia, seja no diagnóstico de epilepsia, tumores ou até no tratamento de depressão (ABP, 2008).

Sabe-se, a partir dessas pesquisas, que o cérebro trabalha com disparos eletroquímicos que acabam por caracterizar os estados da consciência conhecidos como gamma, alpha, beta, theta e delta. Cada uma dessas ondas possui frequências vibratórias e representam um estado de consciência diferente. A partir das estimulações propostas por Dove é possível melhorar a “qualidade” das ondas cerebrais de maneira que seja possível condicionar a atividade cortical (Siever, 1999 e Foster, 2002). Os benefícios dessas induções são bem abrangentes, seja melhorando o fluxo sanguíneo cerebral, estímulo à neuroplasticidade e até o equilíbrio da atividade cortical entre os hemisférios cerebrais (Siever, 1999 e Marques, 2004).

O objetivo deste projeto foi o de desenvolver um equipamento que possa ser conectado a um computador e usado em laboratórios e consultórios de psicologia. O indutor de ondas cerebrais proposto foi idealizado após conversar com alguns psicólogos e psiquiatras que usam este tipo de equipamento em seu consultório e foi constatado que seus maiores problemas estavam relacionados aos equipamentos existentes fornecerem pouca autonomia para eles trabalharem com a indução, sendo que estes não permitem que o usuário modifique a indução em tempo real ou até prepare seções que possam ser repetidas posteriormente.

A técnica de indução proposta neste projeto, conhecida como Binaural Beats, e consiste basicamente em aplicar uma determinada frequência em um ouvido e outra levemente diferente no outro. O cérebro pela sua característica assimétrica irá subtrair essas duas ondas e captar apenas a diferença entre elas. Por exemplo, ao colocar uma frequência de 300Hz em um ouvido e uma frequência de 310Hz no outro, ocasionará uma percepção no cérebro de 10Hz. Porém, no projeto, além da indução auditiva, também é usada a indução ótica, também segue praticamente o mesmo princípio de funcionamento.

O funcionamento deste projeto é possível, pois as frequências impostas ao cérebro são percebidas pelo núcleo olivar e sua recepção é feita pelo tálamo, que é a estrutura responsável por receber e filtrar estímulos externos junto com o sistema reticular ativado. Este ritmo é enviado ao córtex que em poucos minutos passa a acompanhar a frequência imposta (Brandy, 2002). Desta forma é possível estimular frequências abaixo da capacidade auditiva, que está entre 20 e 20000Hz e abaixo da capacidade de percepção visual, que fica entre 30 e 70

atualizações por segundo. Segundo experimentos realizados pelo Instituto Monroe nos EUA, as frequências usadas na indução devem, necessariamente, ser inferiores a 1000Hz.

Esta não é uma pesquisa única, porém visa abrir um novo campo de pesquisa no Brasil. Trabalhos anteriores, geralmente desenvolvidos por universidades Russas e Norte-Americanas, tais como a Stanford University, já trabalharam com alguns tipos de indutores de ondas cerebrais mais primitivos no auxílio em desordens de atenção e até simulando o efeito de psicotrópicos (Siever, 2004).

CAPÍTULO 2 – CONSTITUIÇÃO DO APARELHO AUDITIVO HUMANO

É muito importante fundamentar o que é o som para facilitar a compreensão do funcionamento do batimento binaural. O som é uma criação do cérebro, pois somente existe se há alguém para ouvi-lo. Porém a definição básica de som, segundo a física, demonstra o som como vibrações mecânicas que se propagam através do ar comprimindo-o por certo período de tempo (Bear et al, 2002).

O som pode ser dividido em três qualidades: frequência, amplitude e complexidade. A frequência do som é medida em Hertz, unidade que representa o número de oscilações por segundo, ou seja, quantas vezes a onda consegue chegar de um pico a outro durante 1 segundo. Quanto menor a frequência mais grave e quanto maior a frequência mais aguda (Bear et al, 2002).

A amplitude do som pode ser traduzida como a intensidade ou força do som, conhecida popularmente como a altura do som. Um exemplo é ao ligarmos um rádio, se ele estiver no volume 5 você estará ouvindo todas as frequências da música da mesma forma que se estivesse ouvindo com volume de 10, mas no segundo com muito mais força. A força do som está relacionada com a quantidade de moléculas de ar que são comprimidas em cada onda. A amplitude do som é medida em decibéis (dB), que é na realidade a potência do som (em watts) em relação à intensidade de referência padronizada. Para o sistema auditivo humano sons superiores a 70 dB geralmente são percebidos como alto e 20 dB como baixo (Bear et al, 2002).

A terceira e última característica é a complexidade do som. Os sons com frequência única são considerados tons puros e os com várias frequências são denominadas de tons complexos. Os tons complexos podem ser decompostos usando transformadas de Fourier. Dentre as frequências decompostas existe a frequência fundamental, que é a taxa de repetição do padrão básico da forma de onda complexa (Bear et al, 2002).

O ouvido humano tem apenas a sensibilidade de perceber sons entre 20Hz e 20000Hz, independentemente da complexidade e desde que seja com amplitude maior que 0 dB (Bear et al, 2002 ;Kolb et AL, 2002).

2.1-O Sistema Auditivo

Podemos seccionar o ouvido em três partes: externo, médio e interno.

O ouvido externo é composto pela aurícula, que na realidade é conhecida popularmente como orelha e o canal auditivo externo que é o canal que vai até o interior da cabeça. A orelha tem como objetivo captar as vibrações e encaminhar pelo canal auditivo externo. Este canal chega até

o tímpano, se comporta como uma bateria, quando a onda chega até ele, ocorre uma vibração (Kolb et al, 2002).

No ouvido médio, o tímpano fica entre o ouvido externo e o ouvido médio, após o tímpano existe uma câmara cheia de ar com três pequenos ossos chamados ossículos que são conectados entre si. Esses ossos pela sua simetria são chamados de martelo, bigorna e estribo, sendo responsável por unir o tímpano à janela oval, uma abertura no revestimento ósseo da cóclea, que é a estrutura do ouvido interno que contém os receptores auditivos. Quando o som faz o tímpano vibrar, os ossículos vibram e transmitem essas vibrações amplificadas para uma segunda membrana que reveste a janela oval da cóclea. A cóclea é semelhante a uma concha de caracol oca. Seus compartimentos são preenchidos por um líquido onde há uma membrana delgada chamada membrana basilar. Na estrutura desta membrana estão as células pilosas, que são os receptores auditivos. Suas extremidades têm pequenos filamentos, conhecidos como cílios, e os cílios das células pilosas externas estão inseridos em uma membrana subjacente chamada membrana tectorial. Quando esses cílios se movimentam as ondas sonoras são transformadas em atividade neural. A pressão do estribo na janela oval inicia o processo, que causa o movimento do líquido coclear. Durante todo o processo o líquido coclear movimenta as membranas basilar e tectorial, que induzem a movimentação dos cílios, gerando as ações nas células pilosas. Essas células possuem espessura diferente de acordo com sua região dentro da cóclea. Por estas diferenças, elas são capazes de perceber as diversas frequências que podemos escutar (Kolb et al, 2002).

Na figura 2.1, pode-se verificar como é a estrutura do ouvido.

2.2-A Detecção do Som

O sistema auditivo tem como objetivo converter as alterações na pressão do ar, associadas às ondas sonoras, em atividade neural transmitida para o cérebro (Bear et al, 2002).

Os neurônios da cóclea formam um mapa dos tons que codificam as frequências em um som, como pode ser visto na figura 2.2. Esses mapas estão em todo o sistema auditivo. As mesmas células cocleares podem codificar a frequência e amplitude variando em tensão. A detecção da localização de um som é uma função dos neurônios na oliva superior e corpo trapezoidal do tronco encefálico. Esses neurônios realizam essa função computando as diferenças na altura e no tempo de chegada de um som aos dois ouvidos. A compreensão do significado é realizada pela comparação de padrões que é feita pelos neurônios corticais (Kolb e Whishaw, 2002).

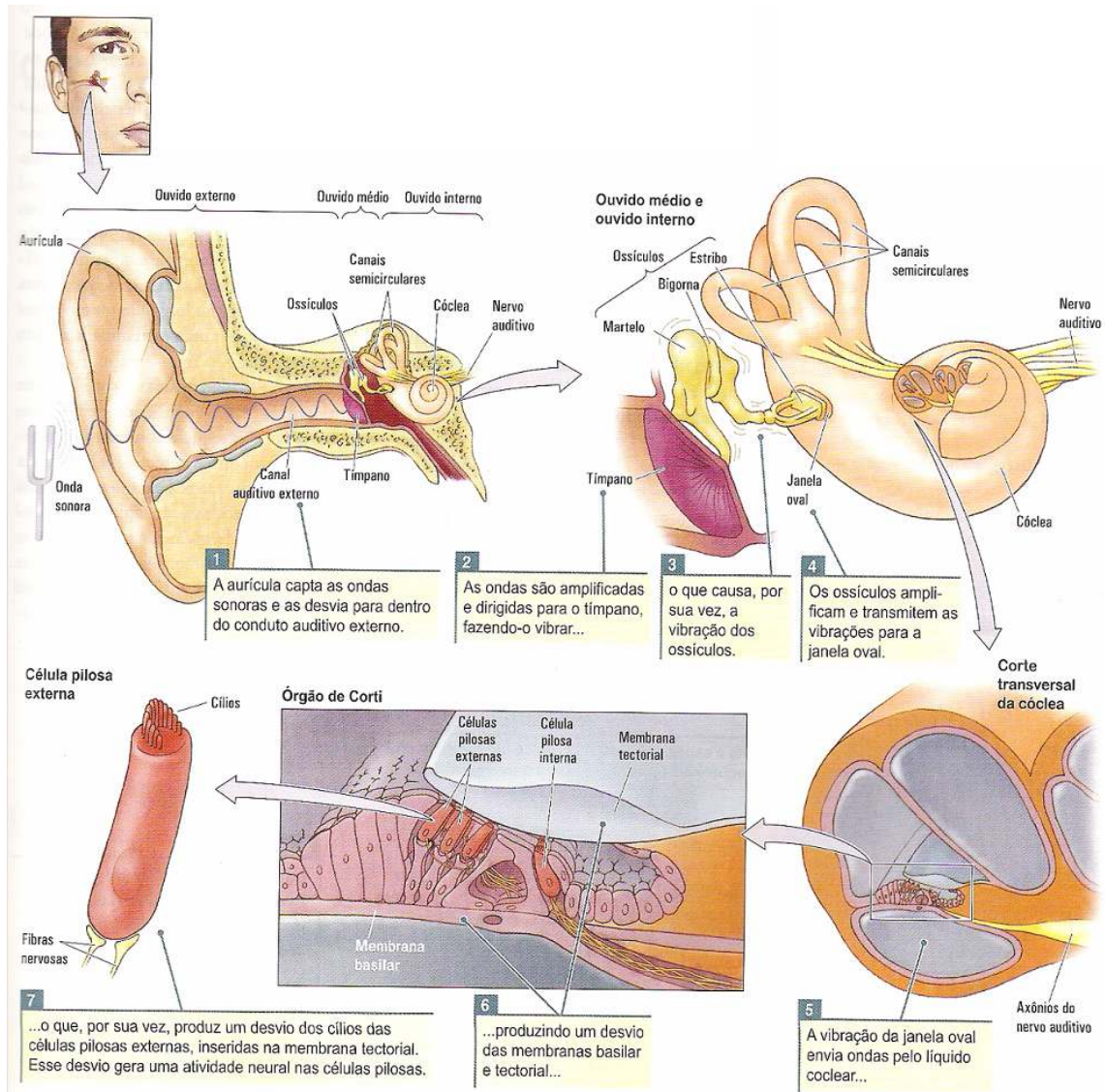


Figura 2.1: Sistema Auditivo Humano
(Adaptado de Bear et al, 2002)

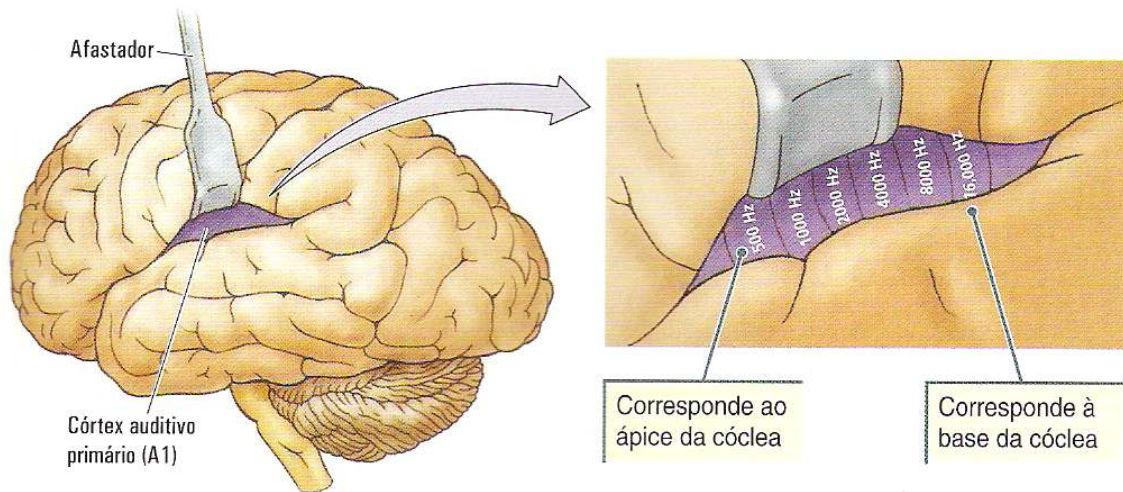


Figura 2.2: Teoria tonotópica (mapa de tons) do córtex auditivo primário. Na imagem existe a representatividade das frequências em cada parte do córtex.
(Adaptado de Bear et al, 2002)

CAPÍTULO 3 – CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA VISUAL HUMANO

O sistema visual humano é o canal sensorial mais importante para a sobrevivência do ser humano. Sua conexão com o cérebro e a maneira com a qual ele influencia a vidas das pessoas, seja pelas cores, formas ou luzes é significativa. Neste sistema foi implementado um módulo que usa a capacidade de processamento visual do cérebro para também induzir o paciente a estados cerebrais, bem como reforçá-los. Para isto, é necessário revisar o funcionamento da visão humana.

3.1 - A Luz

Trata-se de uma energia/matéria eletromagnética que está dentro do campo de percepção visual. Ela é uma forma de energia que necessita ser produzida, seja por uma astro, uma lâmpada ou por compostos químicos (Bear et al, 2002).

Segundo a física, a luz é ao mesmo tempo matéria e onda, definição complicada que até hoje gera controvérsias. Isaac Newton foi o primeiro a propor que a luz era composta de pequenas partículas, os fótons, porém nos séculos seguintes experimentos de James Maxwell demonstraram que a radiação luminosa era composta de ondas. Isso gerou controvérsias até o século 19, quando, com o auxílio das teorias de Max Planck e Albert Einstein, descreveu-se novamente a luz como partículas, após o famoso experimento das placas de metal, no qual foram jogados fótons de luz e observado que esses refletiam na placa. Foi com esta pesquisa que Einstein ganhou seu prêmio Nobel. De acordo com sua teoria, a luz reage ora como onda, ora como partícula. Essa conclusão foi possível após perceber que a luz sofria interferência de outra feixe de luz, ou seja, apenas ondas podem sofrer interferência e reflexão (Kolb et al, 2002).

3.2 - O Olho Humano

O olho humano é formado por diversas partes, como pode-se ver visto na figura 3.1. Primeiramente, a parte branca e externa, chamada de esclera; o revestimento externo e claro é chamado de córnea; a íris, que é parte colorida do olho, é responsável por controlar a entrada de luz no olho; o cristalino, que focaliza a luz; a retina que é onde a energia luminosa é transformada em atividade neural (Bear et al, 2002).

O processo da formação da visão começa quando a luz penetra no olho. Ela atravessa o orifício da íris, chamado pupila, sendo então desviada pela córnea e pelo cristalino. O cristalino se ajusta para desviar a luz em grau maior ou menor, de modo que imagens de perto ou de longe

possam ser focalizadas na retina. Deficiências visuais como miopia e presbiopia, hipermetropia ocorrem pela má focalização da luz na retina (Kolb et al, 2002).

Na retina existem milhões de células fotoreceptoras que traduzem a luz em potenciais de ação, ou seja, discriminam comprimentos de ondas para podermos ver cores, trabalham em intensidade de luz que variam de muito claras a muito escuras e fornecem uma grande precisão visual (Kolb et al, 2002).

O cristalino inverte as imagens em sua projeção na retina da mesma forma que uma câmera fotográfica. Essa projeção invertida não é problema para o cérebro, pois este corrige qualquer tipo de inversão. Segundo pesquisas, caso usassemos óculos que invertesse as imagens durante dias, o cérebro iria corrigir a distorção e o mundo não pareceria mais invertido (Kolb et al, 2002).

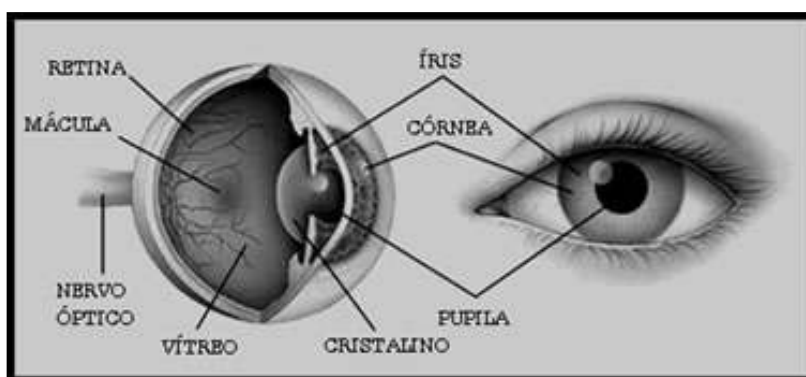


Figura 3.1: Anatomia do Olho

Adaptado de <http://www.laboratoriorigor.com.br/anatomia.html>

3.3 - Processamento da Imagem

Após a recepção da luz, feita pelos olhos, a informação correrá pelos nervos ópticos que saem de cada olho. Esses nervos são formados por axônios de células ganglionares que saem da retina. Após saírem dos olhos eles se cruzam, adquirindo o formato de uma letra do alfabeto grego chamada qui, por isso é chamado de quiasma óptico. Dessa maneira cada retina é processada no lado oposto do cérebro (Bear et al, 2002).

CAPÍTULO 4 – NEUROCIÊNCIA DAS ONDAS CEREBRAIS

Neste capítulo serão apresentadas e revisadas algumas pesquisas neurocientíficas dos último 50 anos, voltadas ao estudo e a manipulação das ondas cerebrais através de estímulos externos.

As ondas cerebrais vêm sendo estudadas desde 1930, quando Hans Berger inventou o EEG com o objetivo de monitorar a variação elétrica na superfície do crânio humano (Waechter, 2002). Essa invenção permitiu que uma nova linha de pesquisa surgisse, a análise das ondas cerebrais, chamada de neurofeedback.

As pesquisas em neurofeedback com o auxílio do EEG nomearam as frequências básicas de funcionamento do cérebro: gamma (30-70Hz), beta (13-30Hz), alpha (8-13Hz), theta (4-8Hz) e delta (1-4Hz) (Rechtschaffen, 1968). Cada uma dessas ondas foi correlacionada com estados da consciência humana, como REM, acordado, relaxado, dormindo, entre outros (Siever, 2004).

As oscilações observadas com o uso dos EEG refletem a atividade do córtex, que é uma das partes mais desenvolvidas do cérebro por ser rico em neurônios. Diz-se que sem o córtex não existiriam a razão, emoções e até a memória. Por isso o córtex é responsável por todo o desenvolvimento criativo do cérebro e é como se fosse o processador, se comparado com um computador. A amplitude dessas atividades corticais é observada em intervalos que são por sua vez relacionados com estados de consciência, sendo a amplitude destes diretamente proporcionais ao número de neurônios em atividade no córtex. Para estruturar a teoria do presente trabalho, faz-se necessário saber o que são cada uma das ondas cerebrais.

4.1-Ondas Gamma

A onda cerebral conhecida como gamma, definida por frequências entre 30Hz e 70Hz, é a de maior onda de frequência.

Essa onda é correlacionada ao processamento de estímulos visuais, táteis e auditivos (Keil, 2001), sendo influenciada principalmente pela reação visual. Um desses estudos referencia o uso de luzes piscantes para a indução deste tipo de onda. As ondas gamma estão presentes o tempo todo na mente humana, mesmo quando estamos dormindo. A única ocasião em que não existem ondas gamma é em transe por anestesia.

Esse intervalo de frequências tem relação com a velocidade com que podemos nos lembrar de momentos, geralmente lembranças visuais. Quanto maior a frequência gamma, mais rápido é possível lembrar-se de algo que foi esquecido e mais informações podem ser guardadas na memória de curto prazo.

As ondas gammas também tem sido objeto de estudos recentes, com relação a seus efeitos na meditação. Um desses estudos demonstrou que a sensação de amor e gentileza, atingida pelos praticantes de meditação Budista, não passa de um auto-indução de ondas gammas de alta amplitude com perfeita sincronização entre elas. Este estado alcançado pela meditação é expressado como um estado de amor profundo por todos os seres (Lutz, 2004). Na figura 4.1 podesse observar o formato da uma onda gamma.

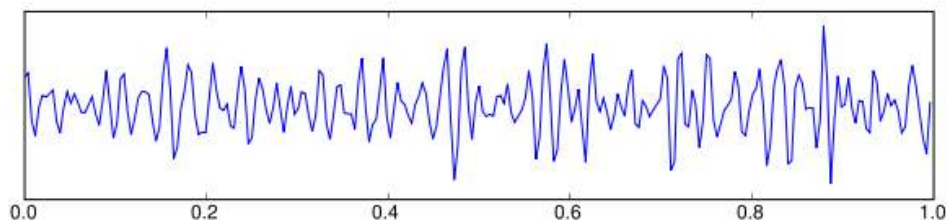


Figura 4.1: Eletroencefalograma de uma onda Gamma
(Adaptado de Keil, 2001)

4.2-Ondas Beta

Este estado de consciência, que varia entre as frequências de 13Hz à 30Hz, é conhecido como estado de vigília. Estas frequências, porém, não se apresentam sozinhas, elas geralmente coexistem com outras frequências, principalmente com as ondas gamma.

Geralmente o estado beta é associado a emoções fortes como medo, raiva, ansiedade, alerta, atenção seletiva, concentração e antecipação. Outros estudos mostram que estas ondas estão presentes em grande quantidade quando é necessário desenvolver soluções matemáticas para problemas (Lindsley, 1952).

Este tipo de onda raramente se apresenta durante a meditação, porém ocorre geralmente em pessoas muito experientes e durante estados de êxtase. Na figura 4.2 podesse observar o formato da uma onda beta.

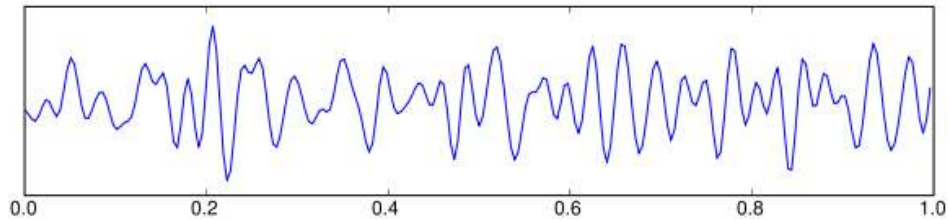


Figura 4.2: Eletroencefalograma de uma onda Beta
(Adaptado de Keil, 2001)

4.3-Ondas Alpha

Alpha é o estado de consciência mais afetado pela publicidade realizada durante as últimas décadas. Esta onda é definida pelas frequências entre 8 e 13 Hz e ocorre durante a atenção plena e a meditação. Durante este estado, a atividade cortical ocorre em áreas do cérebro que não estão focadas em um estímulo sensorial, ou seja, caso um estímulo visual esteja presente as regiões referentes aos estímulos táteis e sonoros vão sofrer um aumento da atividade alpha. Outro casos de aumento do nível alpha é enquanto ocorre a busca de informações no cérebro, como quando uma pessoa tenta memorizar uma lista de palavras (Ward, 2003).

O estado de consciência alpha é geralmente associado a processos imaginativos (Cooper, 2003), estar relaxado e a criatividade, a qual ficaria livre de associações, sendo geralmente em momento no qual o indivíduo está relacionado com o fechamento dos olhos (Worden, 2004).

Com certeza as ondas alphas foram as mais estudadas, sempre sendo associadas a saúde mental de um indivíduo. Um desses estudos foi realizado com praticantes de Hatha Yoga, um tipo de yoga que alcança as ondas alpha através da concentração em uma única posição corporal por muito tempo. Este método de yoga é um dos tantos que consegue eliminar completamente os estímulos externos, deixando o individuo “internalizado” eliminando assim a poluição mental (Prem, 1958). Na figura 4.3 podemos observar o formato da uma onda alpha.

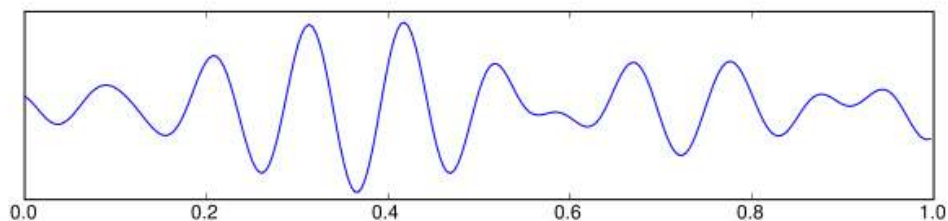


Figura 4.3: Eletroencefalograma de uma onda Alpha
(Adaptado de Keil, 2001)

4.4-Ondas Theta

As ondas theta referem-se a um estado de baixa consciência. Essas ondas estão entre 4 e 8Hz e sua ocorrência está associada a estados hipnóticos, emoções, durante os sonhos e no sono REM. Estudos mostram que essas ondas estão relacionadas com a memória de curto-prazo. Estes mostram que tais ondas ficam presentes quando o indivíduo está guardando informações, mantendo a “atualização” do cérebro constante (Lisman e Idiart, 1995). Esta hipótese diz que as memórias de um indivíduo são atualizadas pelas ondas theta, porém são “armazenadas” curtamente pelas ondas gamma. É sugerido que um adulto normal consegue guardar por volta de 7 informações na memória de curto prazo, isso porque a cada ciclo gamma (40Hz), cabem aproximadamente 7 ciclos Theta (6Hz) (Miller, 1956). Portanto, durante este estado o desenvolvimento da memória é aumentado e há melhora da memória de longo prazo. Este estado é muito difícil de ser estudado, pois não é possível ter um controle por longo tempo dele sem que as pessoas adormeçam (Siever, 1999). Na figura 4.4 podemos observar o formato da uma onda theta.

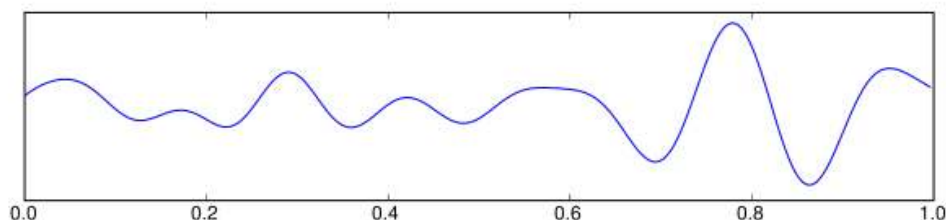


Figura 4.4: Eletroencefalograma de uma onda Theta
(Adaptado de Keil, 2001)

4.5-Ondas Delta

Este ritmo é encontrado durante o sono profundo sendo as ondas mais lentas com frequências entre 1 e 4 Hz. Quando maior a porcentagem de ondas delta no cérebro, mais profundo é o sono. Em estados meditativos praticamente não há ondas delta, apenas em praticantes extremamente experientes, principalmente por ser incrivelmente difícil manter-se consciente estando em delta (Siever, 1999). Na figura 4.5 podemos observar o formato da uma onda delta.

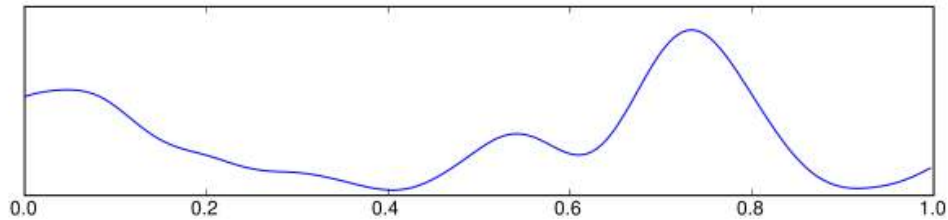


Figura 4.5: Eletroencefalograma de uma onda Delta
(Adaptado de Keil, 2001)

4.6-Ondas Talfa

Este é um novo grupo de ondas alpha e que foi reconhecido apenas nos últimos anos. Este estado é conhecido como Mu ou Talfa estando associado a uma mente saudável quando induzido por vontade própria. Alguns estudos mostram que a atividade Talfa pode ajudar com o stress, raiva e ressentimento por traumas no passado (Siever, 2004).

Quando este estado não é induzido propositalmente, é sinal de uma saúde mental pobre. A produção em longo prazo, descontrolada, não intencionalmente de Talfa é encontrada freqüentemente em pessoas que sofrem de desordens de ondas cerebrais lentas, como déficit de atenção, síndrome pré-menstrual, desordem afetiva sazonal, fibromialgia, depressão e síndrome de fadiga crônica (Siever, 1999).

Foi observado que as ondas Talfas se apresentam em maior quantidade conforme os indivíduos vão atingindo a maturidade, enquanto a quantidade de ondas theta e delta diminuem. Resumidamente isto significa que conforme ocorre o envelhecimento, a capacidade de focar em coisas em particular aumentam e a distração diminui. Na figura 4.6 podemos observar o formato da uma onda talfa.

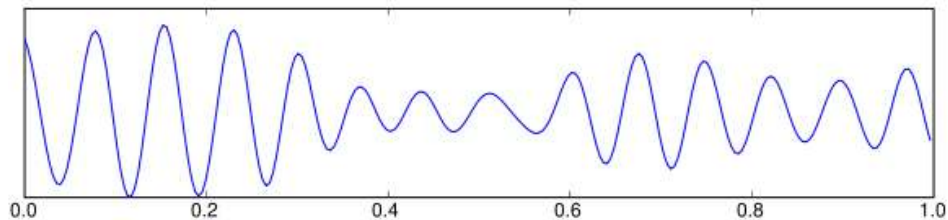


Figura 4.6: Eletroencefalograma de uma onda Mu/Talfa
(Adaptado de Keil, 2001)

4.7 - Biofeedback e Neurofeedback

Não se poderia falar de Binaural Beats sem mencionar biofeedback e neurofeedback, ambos responsáveis pelo aparecimento da Binaural Beats (Siever, 2004).

Biofeedback nasceu na década de 60 quando referenciada aos aparelhos que realizavam leituras de sinais corporais, como pressão sanguínea, batidas do coração e outras funções do corpo não controláveis.

Recentemente nasceu uma nova área de biofeedback, o neurofeedback, focado no monitoramento das atividades cerebrais dos indivíduos. Atualmente equipamentos como EEG, MEG e Ressonância Magnética são capazes de trazer um bom retorno quanto ao uso dos sentidos e como é feita esta leitura. As Brain Machines nasceram paralelamente a este princípio, auxiliando os paciente a desenvolverem a capacidade de induzir reações no cérebro segundo suas vontades.

Apenas com o uso de equipamentos de Neurofeedback é possível apreender a induzir a permanência de determinadas ondas no cérebro, porém o objetivo do IOC é aprimorar ainda mais esta técnica e diminuir o número de seções para “gravar” as alterações no cérebro. Com o auxílio do IOC é possível ter resultados desde a primeira seção de neurofeedback, facilitando em muito o entendimento do paciente de qual estado ele deve buscar (What is Biofeedback?, 2008).

4.8 - Resposta do Binaural Beats sobre a fotoestimulação

Pesquisas sobre fotoestimulação suportam fortemente a hipótese de que as ondas cerebrais podem ser induzidas através de frequências estimuladas externamente e alterar o estado de consciência.

Sabe-se também que há alguns fatores externos para que a indução ocorra de forma satisfatória, como o tempo de estimulação, a cultura e as expectativas da pessoa a ser induzida. Quanto maior o tempo de exposição, mais forte são os resultados finais. (BUDZYNSKI, 2005)

“Entre 1930 e 1940 cientistas como W. Gray Walter e outros, usando poderosas luzes estroboscópicas e um aparelho de EEG conseguiram fazer o paciente experimentar uma forte alteração de consciência chegando ao chamada “transe xamânico”.”

Porém, no presente trabalho, ao invés de luzes estroboscópicas, a fotoestimulação será realizada a partir de óculos com leds que alterna a influência entre os hemisférios cerebrais (Bear et al, 2002).

A diferença entre o Binaural Beats aplicado à audioestimulação é que a resposta do cérebro em relação à frequência aplicada é o dobro. Ou seja, ao aplicarmos uma Binaural Beat de 10Hz o efeito é refletido no cérebro como 20Hz.

Como a retina tem uma atualização em torno de 25fps, ou seja, 25Hz as frequências aplicadas devem ser mais baixas, estando limitadas à 30Hz (Siever, 1999).

4.8.1-Seleção de Cores

A visão é o sentido mais valorizado e por isso também é o que mais tem influência na geração das ondas cerebrais. As cores influenciam drasticamente o comportamento das pessoas. Durante séculos elas vêm sendo usadas como tratamento de doenças através de uma área da medicina alternativa chamada cromoterapia (Ambika et al, 1998).

Segundo a cromoterapia, cores como vermelho, laranja e amarelo são estimuladoras do sistema nervoso simpático e conseqüentemente aumentam a agitação do indivíduo. O verde, azul e o violeta estimulam o sistema nervoso parassimpático e por isso aumentam o relaxamento (Ambika et al, 1998).

Durante uma experiência no laboratório Mind Mirror, nos EUA, foi observado que quando um indivíduo é induzido a ondas alpha, ele tem a percepção de cor violeta em seus olhos e quando ele é induzido a estados como beta, aparecem fosfenos (Ambika et al, 1998).

Dessa forma, a montagem dos óculos de indução deve levar em consideração o equilíbrio cromático, sendo é indicado o uso de cores opostas na montagem do óculos, como por exemplo, vermelho e azul.

4.9-Aplicações de Binaural Beats

4.9.1 - Binaural Beats e a Saúde

Um cérebro saudável é capaz de realizar diversas atividades simultaneamente, produzindo, ao mesmo tempo, diversas frequências cerebrais com diferentes intensidades. Nos dias de hoje, com a vida cada vez mais agitada, o cérebro humano geralmente produz grande quantidade ondas betas. Com isso, diversos exercícios são empregados para aumentar a produção de ondas alphas pelo cérebro. Certos tratamentos por batimento binaural são capazes de aumentar por tempo integral a quantidade de ondas alpha no cérebro, facilitando assim o controle da saúde cerebral (Siever, 1999).

Por outro lado, é muito comum as pessoas tentarem aumentar a quantidade de ondas alpha, reduzindo potencializadores de outros estados cerebrais, tais como drogas e álcool (Siever, 1999).

A indução de ondas alpha por batimento binaural deve ser acompanhada por um profissional, pois altas quantidades de ondas alpha podem aumentar o cansaço e a chance de doenças como insônia, fibromialgia, depressão, desordens de atenção, entre outros (What is Biofeedback?, 2008).

O fator mais importante que envolve as ondas cerebrais e a saúde do indivíduo é a habilidade do cérebro compreender e conseguir cambiar rapidamente as ondas cerebrais de acordo com a atividade do indivíduo em certo momento. Quando uma pessoa tem predominância de certo estado cerebral, ocorrem problemas como a obsessão por certos temas, causando doenças cerebrais. À primeira vista, o principal sintoma é a inflexibilidade (Siever, 2004).

4.9.2 - Binaural Beats usado como recreação

Como mencionado anteriormente, o utilização da técnica de Binaural Beats é incrivelmente ampla, podendo ser usado tanto no auxílio a tratamento de doenças, bem como em recreação. O sistema recreativo ainda é experimental, pois não conhecemos exatamente o funcionamento do cérebro, porém pesquisas sobre o I-Doser, um software que se diz capaz de induzir efeitos de psicotrópicos esta sendo amplamente testado nos Estados Unidos.

Pelas pesquisas realizadas neste trabalho, o maior problema do I-Doser está no uso de frequências altas que dificultam o acompanhamento do cérebro sem um pré-condicionamento.

Porém, segundo pesquisas realizadas Jim Peters (2006), responsável pelo desenvolvimento da biblioteca usada no I-Doser, ocorrerão os efeitos nas seguintes frequências apresentadas abaixo:

- 0.5 - 1.5 Hz – Liberação de endorfina (neurotransmissor liberado com atividade física), que relaxa e dá prazer.
- 0.9 Hz – Sensação eufórica.
- 2.5 Hz – Produção de opiáceos endógenos (anestésicos e ansiolíticos).
- 4.0 Hz – Liberação de encefalina, narcótico com efeitos similares aos da morfina e heroína.
- 10 Hz – Liberação de serotonina (neurotransmissor que regula a liberação de hormônios), que é estimulante e melhora o humor.
- 14 Hz – Estado alerta. Concentração.

- 20.215 Hz – Efeito similar ao do LSD.
- 30 Hz – Efeito da maconha.
- 33 Hz – Hipersensibilidade.

O enfoque do presente trabalho não é a recreação, mas este assunto também deve ser abordado para demonstrar as imensas possibilidades das Binaural Beats.

4.9.3-Binaural Beats no tratamento de Deficiências de Atenção

Casos de “*deficit*” de atenção normalmente são diagnosticados ainda na infância, tendo como sintomas a falta de concentração e sono em praticamente todas as atividades do indivíduo. Essa desordem é normalmente tratada com medicamentos estimulantes, porém estes apresentam efeitos poucos duradouros e muitos efeitos indesejáveis como insônia, perda de apetite e dores de cabeça. Os estudos do uso das Binaural Beats nesta área mostram-se mais duradouros e apresentam praticamente nenhum efeito colateral, se tornando-se um forte aliado a este tipo de doença (Russell, 1994).

Sabe-se que entre aproximadamente 5 e 15 % das crianças em idade escolar apresentam este tipo de problema. As causas deste tipo de desordem é o baixo nível de catecholamina e adrenalina, de forma que o tratamento com estimulantes geralmente tem bons resultados (Russell, 1994).

O maior problema no tratamento desta doença é que logo que o efeito do medicamento acaba (por volta de 4 horas após o início do efeito com o uso de Ritalin), os sintomas voltam bruscamente. Para tanto, é possível usar o IOC em paralelo com um EEG para ensinar a pessoa a induzir ondas beta (Russell, 1994).

Ao analisar uma pessoa em deficit de atenção em um EEG, pode-se ver claramente que há pouca presença de ondas beta e muita presença de ondas mais lentas, como theta e alpha.

Para justificar o uso deste tipo de tratamento, utiliza-se como base um trabalho publicado por Marabella, Fowler e Alhambra da “University of Illinois” nos EUA.

Segundo a pesquisa, foram enviados 43 formulários à pacientes que possuíam deficit de atenção, com a maioria entre 7 e 15 anos de idade. Os formulários envolviam a descrição de diversos sintomas da criança, histórico de medicamentos, performance acadêmica, conduta escolar, vida social antes e depois do tratamento com biofeedback. Foram realizadas 20 seções e cada seção durava de 30 à 45 minutos tendo como objetivo coibir o aparecimento de ondas theta. Foram observadas durante as seções mudanças em relação ao primeiro formulário enviado aos pais.

O resultado desta pesquisa foi excelente, pois praticamente todas as crianças envolvidas no programa tiveram melhoras ou até seus problemas resolvidos (Marabella, Fowler e Alhambra, 2007). Outros estudos semelhantes, usando Binaural Beats, tiveram os mesmos resultados, um deles usando Binaural Beats aplicado em luzes conseguiu um aumento de Q.I. fonético, auditivo e visual de 9.2 pontos em apenas 40 seções (Russell, 1994).

4.9.4-Binaural Beats no tratamento de Epilepsia

A epilepsia é uma doença que afeta uma em cada 20 pessoas durante a vida e, apesar de não ser tão prejudicial ao organismo, em muitos casos é necessário um tratamento prolongado com remédios como Gardenau e em casos mais graves até com eletrochoque. Durante a epilepsia ocorrem sinais elétricos incorretos do cérebro que se espalham de maneira difusa, ocorrendo uma crise generalizada que pode se apresentar como ausência ou até convulsão. A crise mais conhecida é a tônicoclônica quando o paciente cai rígido, tremendo as extremidade do corpo e se contraindo (Bear et al, 2002).

A epilepsia pode acontecer em qualquer pessoa devido a um choque elétrico, falta de oxigênio, traumatismo craniano, baixa de açúcar no sangue, abuso de drogas entre outros (Bear et al, 2002).

Atualmente já se usa neurofeedback em larga escala no tratamento de epilepsia, focado ao equilíbrio do ritmo sensomotor. Os resultados encontrados são muito promissores, conseguindo diminuir significativamente a quantidade de convulsões dos pacientes (Kotchoubey, 2001; LANE et al, 1998).

O IOC, por possuir um sistema foto-sensível, pode não ser apresentar muito eficaz e de certa forma até prejudicial ao usuário com epilepsia. Justo por isso, aplicações de Binaural Beats em epiléticos são raras e devem ser feitas apenas por profissionais qualificados (Siever, 2004).

CAPÍTULO 5 – ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO

O IOC foi desenvolvido para ser um equipamento de baixo custo e fácil configuração para consultórios de psicologia e psiquiatria.

Hoje no Brasil a tecnologia de Batimento Binaural é muito pouco difundida, principalmente por não haver empresas que desenvolvam este tipo de equipamentos e pelo preconceito que o associa com cursos e livros de alto-ajuda.

O mercado internacional, principalmente o Norte-Americano, está repleto desses equipamentos (Figura 5.1), porém não possuem boas funcionalidades, principalmente no que diz respeito ao reaproveitamento de seções, tornando o uso em consultório médico muito complicado.



Figura 5.1: BrainMachine. Um modelo como este pode custar mais de US\$ 100,00
Adaptado de <http://home.houston.rr.com/hypnotherapy/prod02.htm>

5.1- Funcionamento do Projeto

O sistema proposto foi desenvolvido em dois módulos: um hardware e um software. O hardware é conectado ao computador através da porta serial e tem como objetivo gerenciar as estimulações sonoras e visuais. O software por sua vez é responsável por enviar, em tempo real as informações sobre as oscilações são geradas pelo hardware. O hardware possui as seguintes características:

- Conexão serial com o computador;
- Um mixer ativo simples que é usado para permitir que seja colocada música em conjunto com as ondas. Muitas vezes é usada na terapia, pois apenas as ondas podem se mostrar um tanto quanto irritantes.
- Os módulos especificados como mixer são responsáveis por dar ganho ao sinal e separa-los entre visual e sonoro.
- Um microcontrolador PIC18F4620 responsável por gerar os sinais sonoros e luminosos;
- Uso de um potenciômetro para controle do volume e brilho;

Por sua vez o módulo de software deste projeto tem as seguintes características:

- Protocolo de comunicação com o hardware;
- Controle de todas as características implementadas no hardware;
- Controle das ondas geradas pelo hardware;
- Controle dos óculos e dos fones de ouvido;
- O software pode salvar e resgatar programas feitos para cada paciente;

5.2- Módulo de Hardware

5.2.1- Componentes do Hardware

- **PIC18F4520:** trata-se de um microcontrolador de 8 bits da nova linha da Microchip. Este é responsável pelo módulo stand-alone, que é conectado ao computador. Seu objetivo principal é gerar as frequências conforme são requisitadas pelo computador. Sua escolha foi devido a possuir 1Mb de memória interna e possuir um clock interno de alta confiabilidade.
- **DAC0808:** conversor Analógico-Digital de 8-bits, monolítico. Ele é responsável pela variação linear de tensão na entrada do VOC XR2206 controlando assim a geração da onda senoidal.
- **XR2206:** é um gerador de funções de alta confiabilidade capaz de gerar diversos tipos de ondas. A variação da frequência gerada por ser feita através da manipulação da tensão na entrada do componente.
- **LM386:** amplificador de áudio comercial de 0.5W. No equipamento é usado para fazer a amplificação do som antes do fone de ouvido.
- **Interface Serial com conector DB9:** conector usado para conectar ao computador pelo protocolo RS232.

- **Fone de Ouvido Phillips:** modelo profissional auricular, por ter um bom isolamento dos sons externos e resposta em frequência entre 10 Hz e 25 kHz.
- **Óculos de Indução:** especialmente desenvolvido para o projeto. Possuirá 4 Leds de alto brilho em cada lado, podendo ser com luz azul, verde, amarelo e vermelho.

5.2.2- Requisitos de Hardware

Considerando que o uso do equipamento ocorrerá em consultórios de psicologia e psiquiatria, faz-se necessário que exista uma proteção contra possíveis ruídos de 60 Hz provenientes da fonte de tensão, por isso, utiliza-se no equipamento uma fonte estabilizada.

Para o controle do equipamento é necessário um computador com Microsoft Windows, porta serial ou USB (caso dotado de um conversor) e o software de controle instalado.

5.2.3- Microcontrolador PIC

O microcontrolador usado é o PIC18F4520 da Microchip. Este é um microprocessador moderno e possui as seguintes características:

- Memória flash de 4 Kbytes;
- Espaço para código de 24 Kbytes;
- 8 canais A/D;
- 5 portas bidirecionais;
- 6 portas PWM;
- Clock interno de até 8 Mhz.

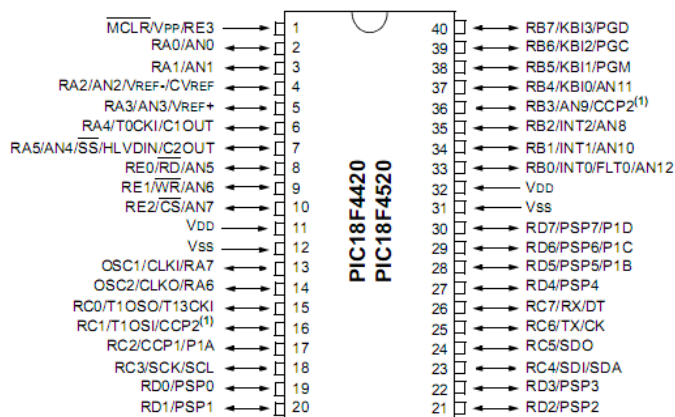


Figura 5.2: Microcontrolador PIC18F4520

Sua escolha foi dada por ser um microcontrolador de baixo custo e alta confiabilidade, além de possuir muitas portas lógicas. Este módulo do sistema é responsável por ler o que está sendo enviado pela serial, interpreta-los e gerar as ondas quadradas e enviar os dados para os conversores D/A, tratando-se do coração do sistema. Na figura 5.2 pode-se visualizar a estrutura externa do PIC18F4520, bem como sua pinagem.

5.2.4- Módulo de Geração de Sinal

5.2.4.1- Geração das Ondas Senoidais

A geração das ondas senoidais é feita usando o componente gerador de função XR2206. Este é um gerador monolítico de sinal de alta qualidade com filtros internos. A variação de frequência deste componente pode ser entre 0.01 Hz à 1 MHz. Esta variação é regulada pela tensão de entrada aplicada diretamente do conversor D/A. Na figura 5.3 pode-se visualizar a estrutura externa do XR2206.

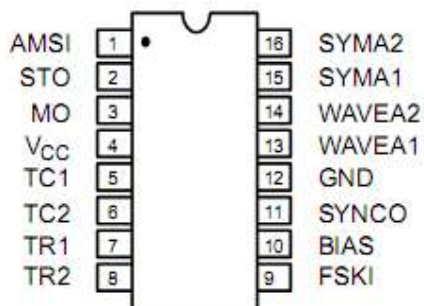


Figura 5.3: Gerador de Funções XR2206
Adaptado de Exar

5.2.4.2- Controle de Tensão

A regulagem da tensão de controle aplicada no gerador de função é de um DAC0808. A escolha deste componente foi devido a ser 8 bits, ou seja, completamente compatível com o microcontrolador usado e por ser controlado de maneira paralela. Na figura 5.4 pode-se visualizar a estrutura externa do DAC0808.

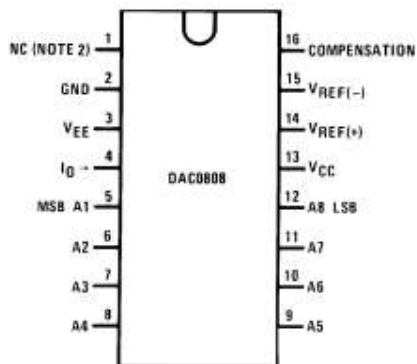


Figura 5.4: Conversor D/A DAC0808
Adaptado de Exar

5.2.5- Sistema de Controle Áudio/Vídeo

Este módulo de projeto serve envolve o controle da amplitude do som e a aplicação deste som em um fone de ouvido. O controle do brilho também é tratado neste módulo.

5.2.5.1- Controle do Volume e do Brilho

Tanto o volume quanto o brilho são controlados por potenciômetros analógicos de 10K Ohms.

5.2.5.2- Amplificador de Áudio

Para que a onda gerada no módulo de geração de função possa ser aplicado a um fone de ouvido, foi implementado um amplificador de áudio de 0.5W usando o amplificador comercial LM386, que apresenta baixa impedância de entrada e proteção ao dreno de corrente na saída.

A escolha deste componente foi devido ao pequeno circuito necessário para serem desenvolvidos amplificadores de até 1W de potência, além de seu baixo consumo de corrente.

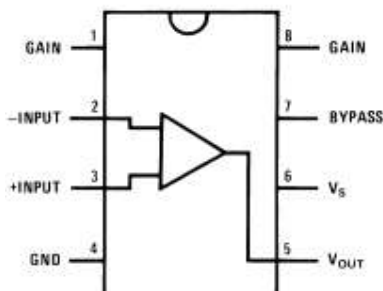


Figura 5.6: Amplificador de Áudio LM386
Adaptado de National

5.2.5.3- Distribuição das Frequências

A distribuição das frequências é feita analógicamente para cada canal dos fones de ouvido. Por exemplo: uma frequência de 400Hz para o lado direito do fone de ouvido e de 410Hz para o fone esquerdo. O mesmo ocorre com o óculos.

5.2.6- Óculos de Estimulação Visual

Os óculos de estimulação visual (figura 5.7) foram especialmente desenvolvidos para o uso em conjunto como o IOC, sendo responsáveis por estimular o sistema nervoso central e as ondas cerebrais através da pulsação dos leds. O modulo controla a variação de frequência e intensidade luminosa dos óculos.

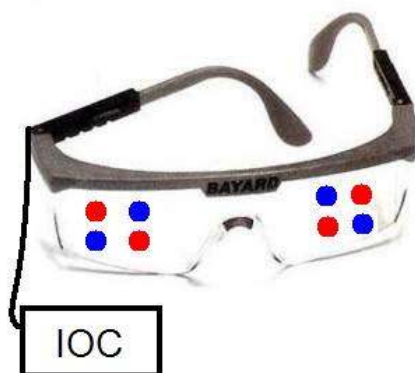


Figura 5.7: Exemplo da estrutura dos Óculos de Estimulação

A estrutura do mesmo é igual a de um óculos simples com uma pequena placa de circuito impresso, fixada na lente dos óculos, para interligar os 4 Leds. Sobre a lente do óculos é colocada uma película refletora cujo objetivo foi o de minimizar a entrada das luzes externas e espalhar as luzes em cada lente.

5.2.7- Diagrama em Blocos do Hardware

A figura 5.8 representa o diagrama em blocos do hardware. O sistema foi dividido em etapas para facilitar o desenvolvimento. O módulo central é representado pelo PIC18F4520 que faz a conexão de todos os módulos e o tratamento dos dados recebidos pela USB. O DAC0808 é responsável por controlar o XR2206 que é o gerador de funções deste sistema, a saída deste por sua vez é ligada a um potenciômetro que serve para controlar o volume e o brilho do sistema. E por último esta saída é ligada no amplificador de áudio LM386 que é o responsável por proteger o circuito e dar ganho no som.

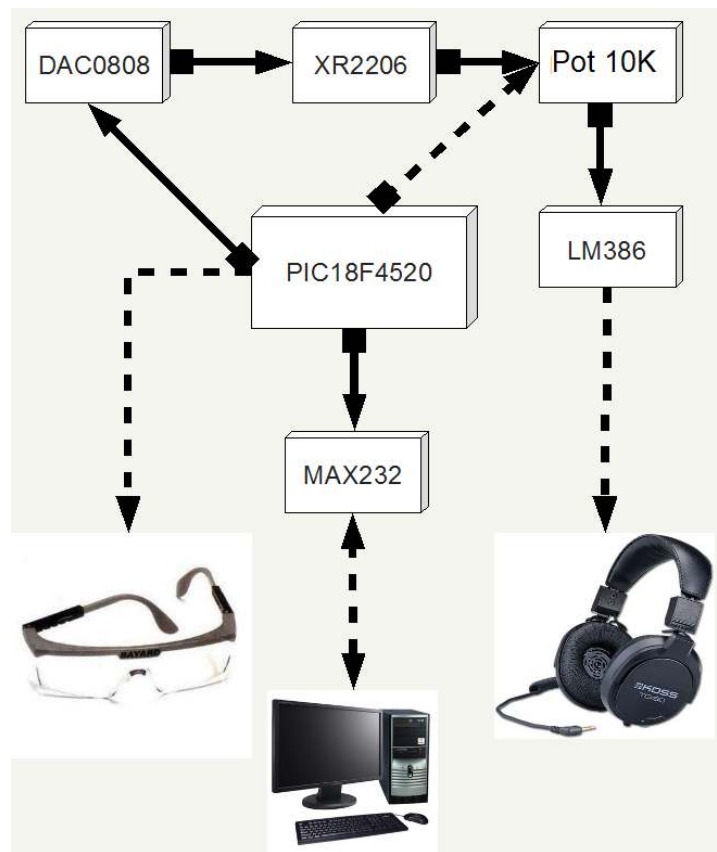


Figura 5.8: Diagrama em Blocos do Projeto

5.2.8- Fluxograma do Firmware

O firmware do sistema desenvolvido tem como objetivo ler a porta serial, interpretar o protocolo de comunicação e gerar o Binaural Beat na frequência desejada. O fluxograma do firmware pode ser visto na figura 5.9.

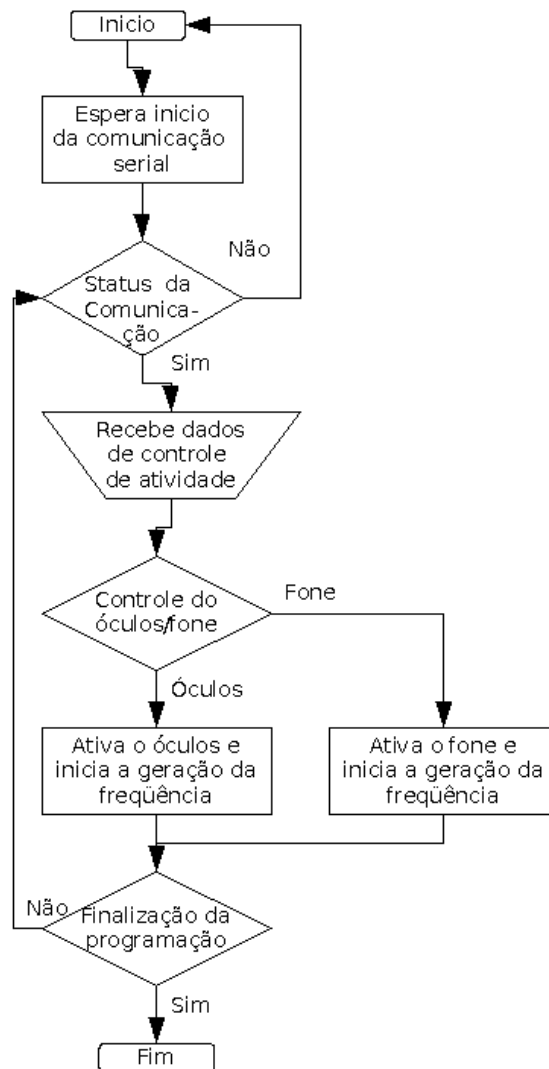


Figura 5.9: Fluxograma do Firmware

5.3- Módulo de Software

Neste projeto optou-se por ser desenvolvido um software com IDE em C#.NET orientado a objeto e toda a representação do software utiliza a padronização UML.

A escolha deste método de programação em relação a outros se deve pela possibilidade de divisão do código em módulos e assim possibilitar modificações futuras.

5.3.1- Diagrama em Blocos do Software

O diagrama mostrado na Figura 5.10 representa como o software é subdividido e como se dá interação entre os módulos do software.

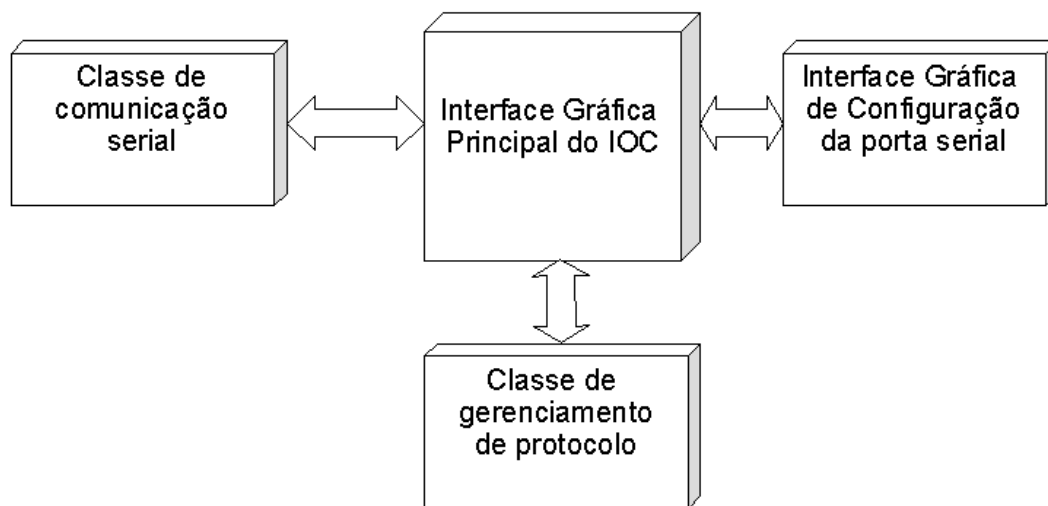


Figura 5.10: Diagrama em Blocos do Software

5.3.2- csSerial

A classe csSerial é responsável por iniciar, manter e finalizar a conexão serial entre o computador e o hardware. Nesta classe estão contidos os métodos responsáveis por essas operações. Não há qualquer tipo de tratamento de dados nesta classe.

5.3.3- csArquivo

A classe csArquivo faz todos os controles de arquivos, entre os quais a geração e interpretação dos protocolos. Nesta classe é definida a estrutura para salvar o projeto.

A extensão do arquivo é .iocdata e sua estrutura interna é a seguinte:

```
?INICIO?  
/*11*400*200*/  
?FIM?
```

5.3.4- Telas

O form principal mostrado na Figura 5.12 foi pensado para ser intuitivo e fácil de configurar. Todo o programa foi desenvolvido em um form principal para facilitar a utilização por leigos.

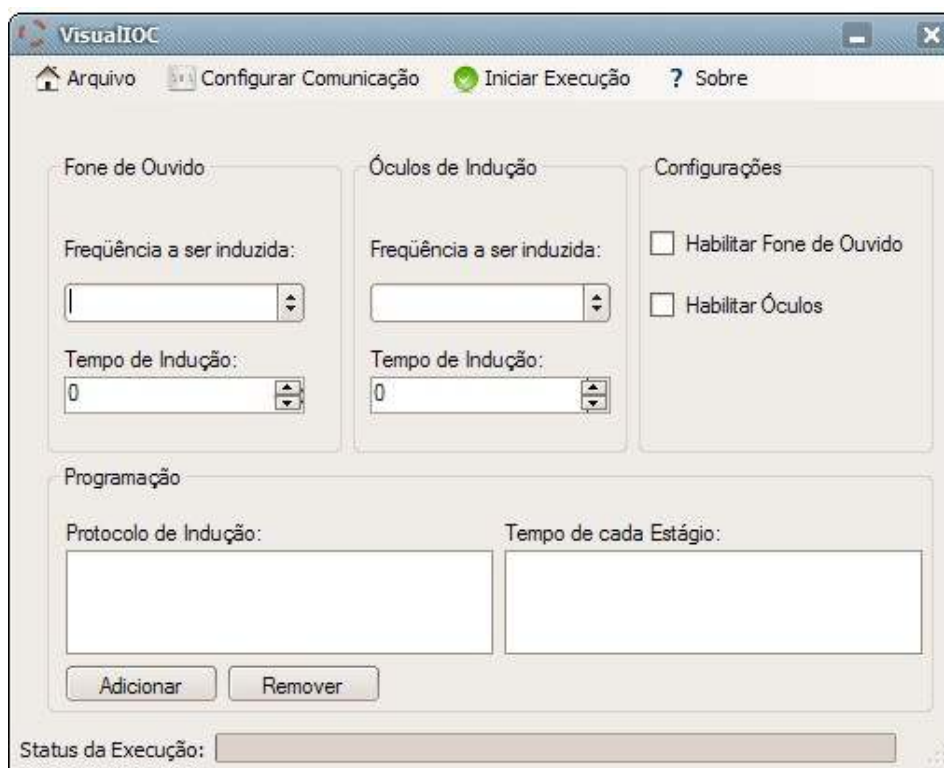


Figura 5.12: Form Principal

O menu “Configurar Comunicação” mostrado na Figura 5.13 abre uma nova tela para ser escolhido em que porta serial ou USB do computador está conectado o IOC.

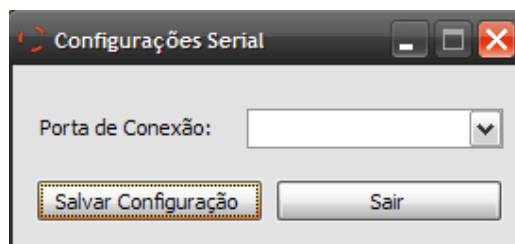


Figura 5.13: Form de Configuração Serial

5.4- Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica

A tabela 5.1 representa o estudo de viabilidade técnica-econômica, estudo que descreve os custos de desenvolvimento do projeto.

Tabela 5.1: Estimativa de custos

Mão de Obra			
Direta			
Horas trabalhadas	Valor		Total
240	R\$ 35,00		R\$ 8.400,00
Orientador			
Horas trabalhadas	Valor		Total
80	R\$ 16,00		R\$ 1.280,00
Coordenador			
Horas trabalhadas	Valor		Total
80	R\$ 4,00		R\$ 320,00
Total			R\$ 10.000,00
Insumos Gerais			
Instalações	Área(m²)	meses	Total
Laboratório	R\$ 220,00	7,00	R\$ 1.540,00
Pesquisa			
		Custo por Mês	Total
Impressão/Xerox/Encadernação		R\$ 170,00	R\$ 170,00
Biblioteca		R\$ 40,00	R\$ 40,00
Total			R\$ 210,00
Equipamentos			
	Valor	Custo por hora	Total
Osciloscópio	R\$ 5.000,00	R\$ 0,95	R\$ 171,00
Gerador de funções	R\$ 1.500,00	R\$ 0,28	R\$ 50,40
Fonte simples	R\$ 500,00	R\$ 0,09	R\$ 16,20
Multímetro	R\$ 150,00	R\$ 0,03	R\$ 5,40
Fonte simétrica	R\$ 780,00	R\$ 0,15	R\$ 27,00
Protoboard	R\$ 80,00	R\$ 0,02	R\$ 3,60
Microchip ICD2	R\$ 249,00	R\$ 0,25	R\$ 45,00
Ferramentas	R\$ 50,00	R\$	R\$ 3,60

		0,02	
Total			R\$ 322,20
Software			
Microsoft Windows XP Professional	Valor	Custo por hora	Total
	R\$ 800,00	-	R\$ 800,00
BrOffice.org 2.3	R\$ -	-	R\$ -
Visual Studio	R\$ 1.500,00	-	R\$ 1.500,00
Eagle PCB	R\$ 50,00	-	R\$ 50,00
MPLAB	R\$ -	-	R\$ -
Microchip MCC18	R\$ 100,00	-	R\$ 100,00
Total			R\$ 1.650,00
Insumos Componentes			
Componentes	Valor	Quantidade	Total
PIC18F4520	R\$ 26,50	2	R\$ 53,00
TUSB3410VF	R\$ 16,40	3	R\$ 49,20
XR2206	R\$ 12,60	3	R\$ 37,80
MCP4011	R\$ 1,97	5	R\$ 9,85
Capacitores diversos	R\$ 0,70	100	R\$ 70,00
Resistores diversos	R\$ 0,10	100	R\$ 10,00
Cabo Serial	R\$ 5,00	1	R\$ 5,00
Conversor USB/Serial	R\$ 50,00	1	R\$ 50,00
Conectores Diversos	R\$ 2,00	6	R\$ 12,00
Cristal	R\$ 2,50	2	R\$ 5,00
Fonte Chaveada	R\$ 15,00	1	R\$ 15,00
Componentes Diversos	R\$ 100,00	1	R\$ 100,00
Placa de Cobre	R\$ 10,00	3	R\$ 30,00
Frete			R\$ 50,00
Total			R\$ 496,85
TOTAL			R\$ 14.219,05

5.5- Planejamento do Desenvolvimento

A figura 5.14 representa o gráfico de Gantt do projeto com as etapas planejadas e realizadas.

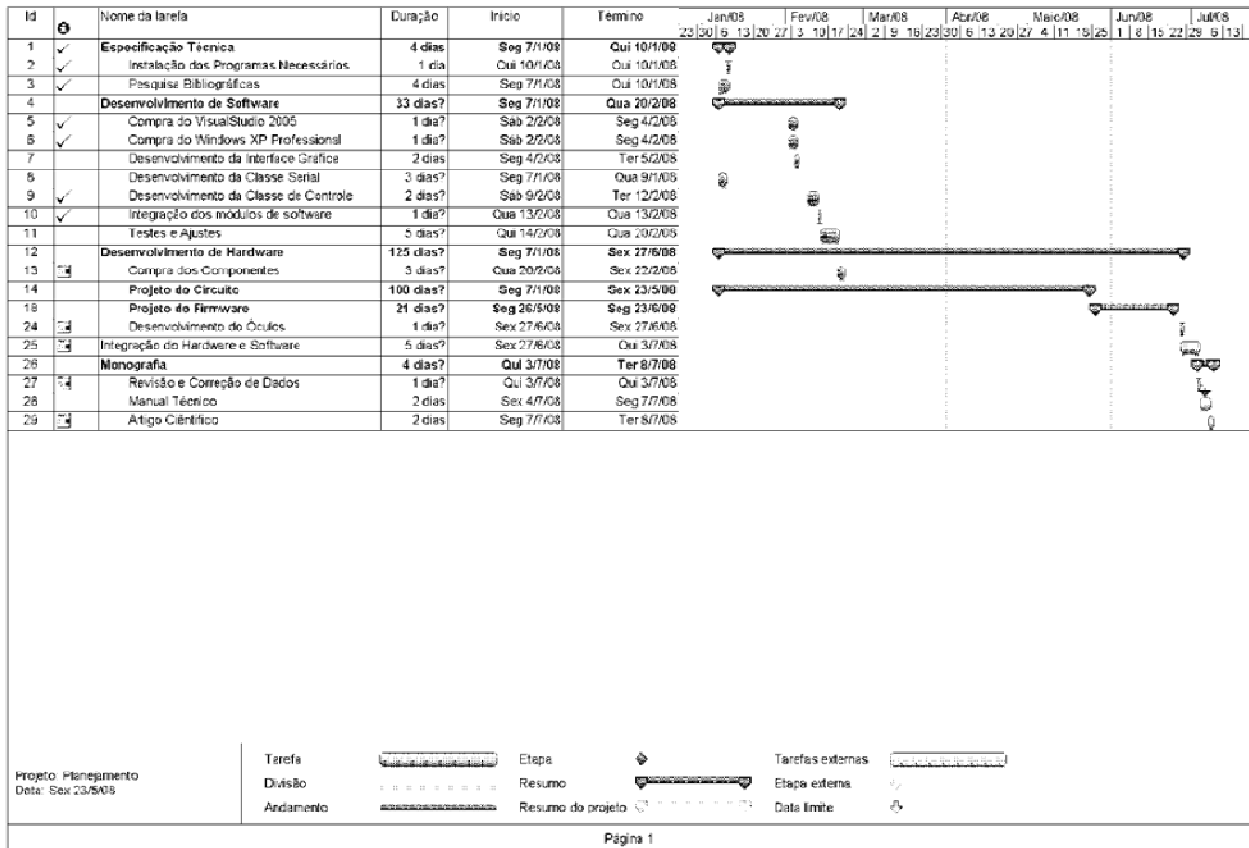


Figura 5.14: Planejamento do Projeto

CAPÍTULO 6 – DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

6.1- Projeto de Software

Para o desenvolvimento do projeto de software foram utilizados os diagramas de classe (para expressar o relacionamento entre as classes no software), caso de uso (para expressar o relacionamento dos usuários com o sistema) e de seqüência (para expressar a forma com que o hardware se comunica com o software).

6.1.1- Diagrama de Classes

As classes presentes neste sistema e representadas na figura 6.1 são as seguintes:

- frmVisualIOC: tela principal.
- frmSobre: tela que contem as informações sobre o software.
- frmSerial: tela de configuração da conexão serial.
- csSerial: classes responsável pela conexão da serial do computador com o IOC.
- csProtocolo: classe responsável por ler e gerar o protocolo de comunicação com o IOC.

6.1.2- Diagrama de Caso de Uso

Segue uma breve explicação do diagrama de caso de uso representado na figura 6.2:

- Carrega Configuração: após o usuário clicar no menu Arquivo->Abrir é carregado os dados de uma configuração salva anteriormente.
- Configuração Seção: é a configuração de um programa de indução para o IOC.
- Salva Configuração: as configurações feitas são salvas em um arquivo para que possam ser reutilizadas posteriormente.
- Configura comunicação serial com o computador: o usuário deve selecionar por qual porta é conectada o IOC com o computador.
- Inicia comunicação com o IOC: o software envia o protocolo de comunicação com os dados sobre a indução e fica aguardando as respostas do IOC.

- Inicia processo de Indução: verifica se está tudo funcionando para iniciar a indução.
- Executa o IOC: inicia o processo de indução em si.
- Avisa a Finalização: envia a confirmação de que o processo acabou para o software terminar o processo ou enviar mais informações para o IOC.

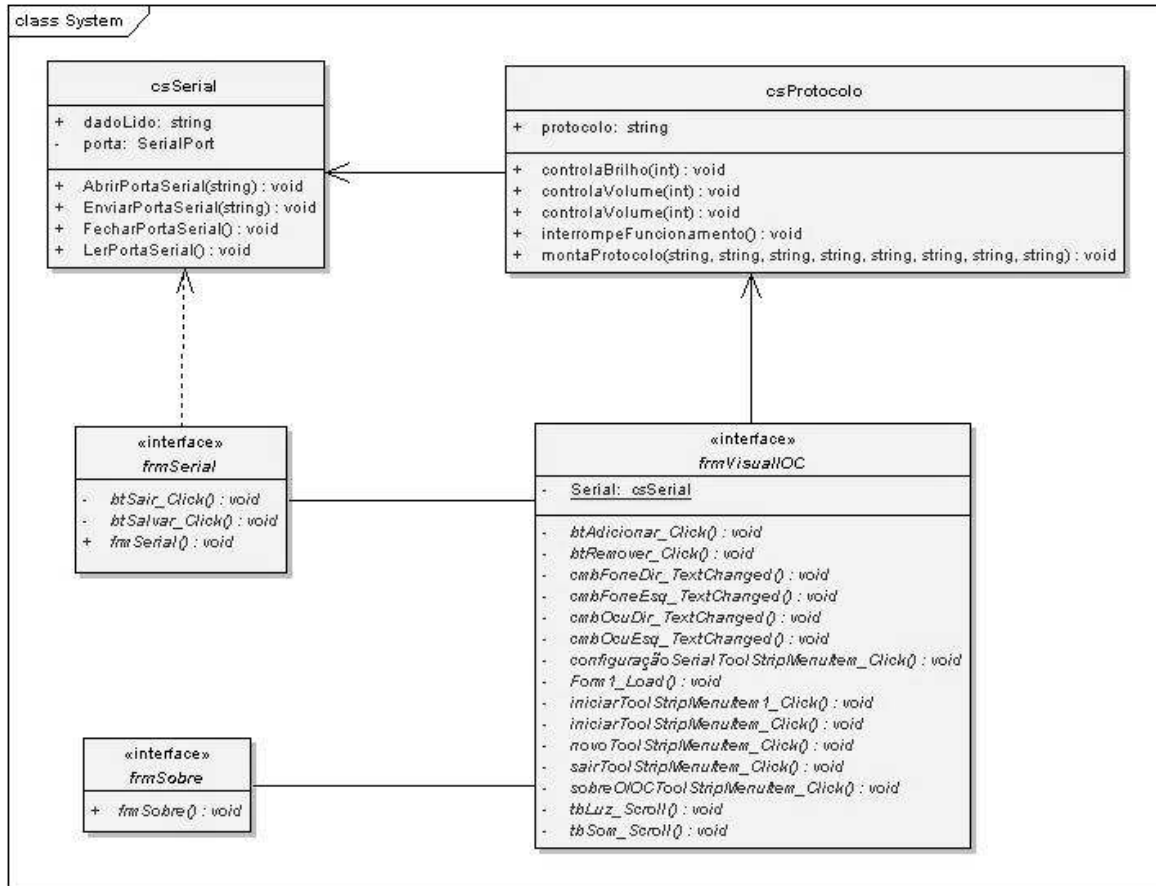


Figura 6.1: Diagrama de Classes

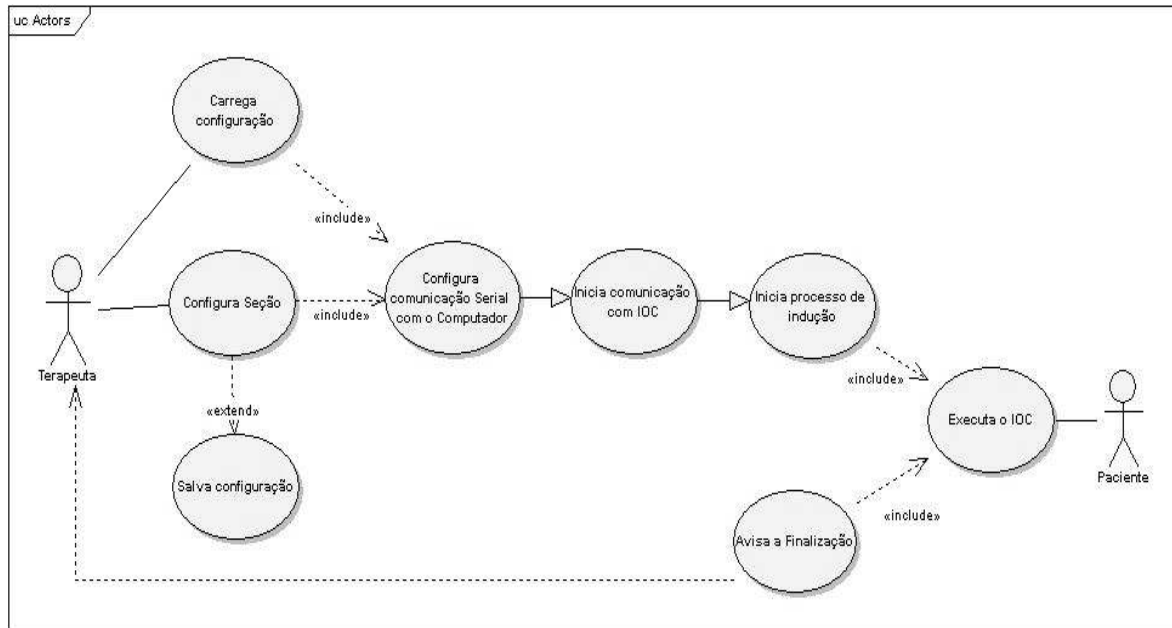


Figura 6.2: Diagrama de Caso de Uso

6.1.3- Diagrama de Seqüência

O diagrama de seqüência apresentado na figura 6.3 é usado para representar a seqüência de processos num programa, ou seja, em que ordem em que o algoritmo deste sistema funciona. O objetivo é facilitar o entendimento de como é feita a comunicação entre as classes temporalmente. O diagrama de seqüência representa essa informação de uma forma simples e lógica (GILLEANES, 2008).

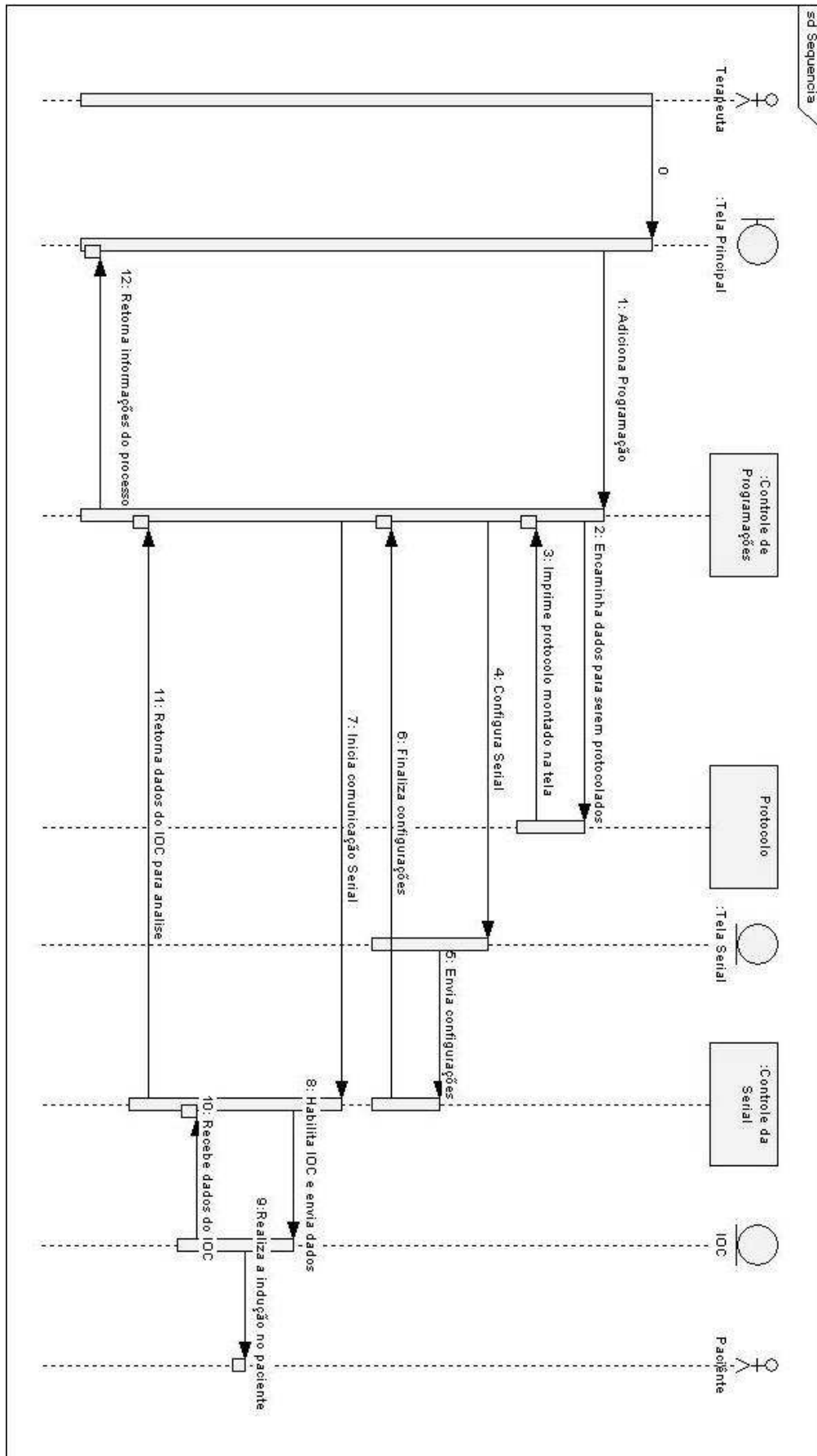


Figura 6.3: Diagrama de Seqüência

6.1.4- Protocolo de Comunicação entre Hardware e Software

6.1.4.1- Protocolo

No caso deste projeto, o protocolo de comunicação desenvolvido foi focado na melhor opção para a comunicação usando a interface serial 232. Por isso os dados são enviados junto com marcadores que são conhecidos pelo hardware de origem e servem para verificar se os dados estão chegando corretamente.

6.1.4.2- Estrutura do Protocolo

Para facilitar o entendimento da estrutura do protocolo é apresentado um exemplo:

/*11*400*100*/

As barras servem como marcadores de início e fim da string, os asteriscos no início e no fim de cada módulo servem como marcadores de início e fim de cada dado e servem para verificar se o dado foi recebido por completo.

O primeiro dado enviado ao hardware é sobre quais dispositivos serão ativados, no protocolo onde está escrito 11 estão sendo ativados tanto os óculos como o fone de ouvido.

O segundo dado enviado ao hardware é a frequência de indução a ser aplicada no fone de ouvido. Onde está escrito 400, os dois primeiros dígitos representam a frequência e o penúltimo é o número decimal caso a frequência seja de ponto flutuante. Não é garantida a frequência em caso flutuante pela sensibilidade do circuito.

O terceiro dado funciona da mesma forma que o segundo, porém é responsável pela frequência dos óculos.

6.1.4.3- Tabela de Códigos

A ordem de envio é muito importante devendo sempre ser da seguinte forma:

Seleção de Interface + Set de Frequência do Fone + Set de Frequência do Óculos

A tabela 6.1 representa como a string pode ser mostrada

Tabela 6.1: Protocolo de Comunicação com o Hardware

Código	Sentido	Módulo	Função
10	PC - Sistema	Seleção de Interface	Ativa fone de ouvido
01	PC - Sistema	Seleção de Interface	Ativa óculos de indução
11	PC - Sistema	Seleção de Interface	Ativa fone e óculos
xxx	PC - Sistema	Set de Frequência	Envia frequência do óculos
xxxx	PC - Sistema	Tempo do processo	Envia o tempo do processo. Caso seja o primeiro é o tempo da fotoestimulação.
?22	PC - Sistema	Comandos adicionais	Para com a indução imediatamente.
*	PC - Sistema	Marcadores	Marca o início e fim da transmissão do dado.

Os comandos adicionais devem ser executados fora da estrutura do protocolo de comunicação e de maneira independente.

6.1.4.4- Tratamento de Erros

É necessário verificar a transmissão dos dados para garantir que os dados que chegaram ao microcontrolador são os dados enviados pelo computador.

A primeira verificação a ser realizada é o retorno dos dados enviados. Logo que o microcontrolador encontra o marcado por / pela segunda vez, ele retorna toda a string para o computador, assim sendo feita a comparação com a string enviada. Caso exista diferença o computador tenta enviar novamente a string.

A segunda verificação é a dos marcados, * e /. O microcontrolador deverá verificar suas existências, caso os marcadores não apareçam após 30 segundos de conexão ele deverá pedir ao computador o reenvio dos pacotes.

6.2- Projeto de Hardware

O hardware deste projeto está subdividido em três módulos, entre esses, a fonte da alimentação, a unidade de controle e módulo oscilador. A decisão por este tipo de arquitetura foi devido à praticidade em reaproveitar módulos em possíveis atualizações ou na correção de erros.

6.2.1- Unidade de Controle

A unidade de controle, que pode ser vista na Figura 6.4, é a principal placa do projeto, pois nela encontra-se o microcontrolador, a interface serial e a interface com o DAC0808.

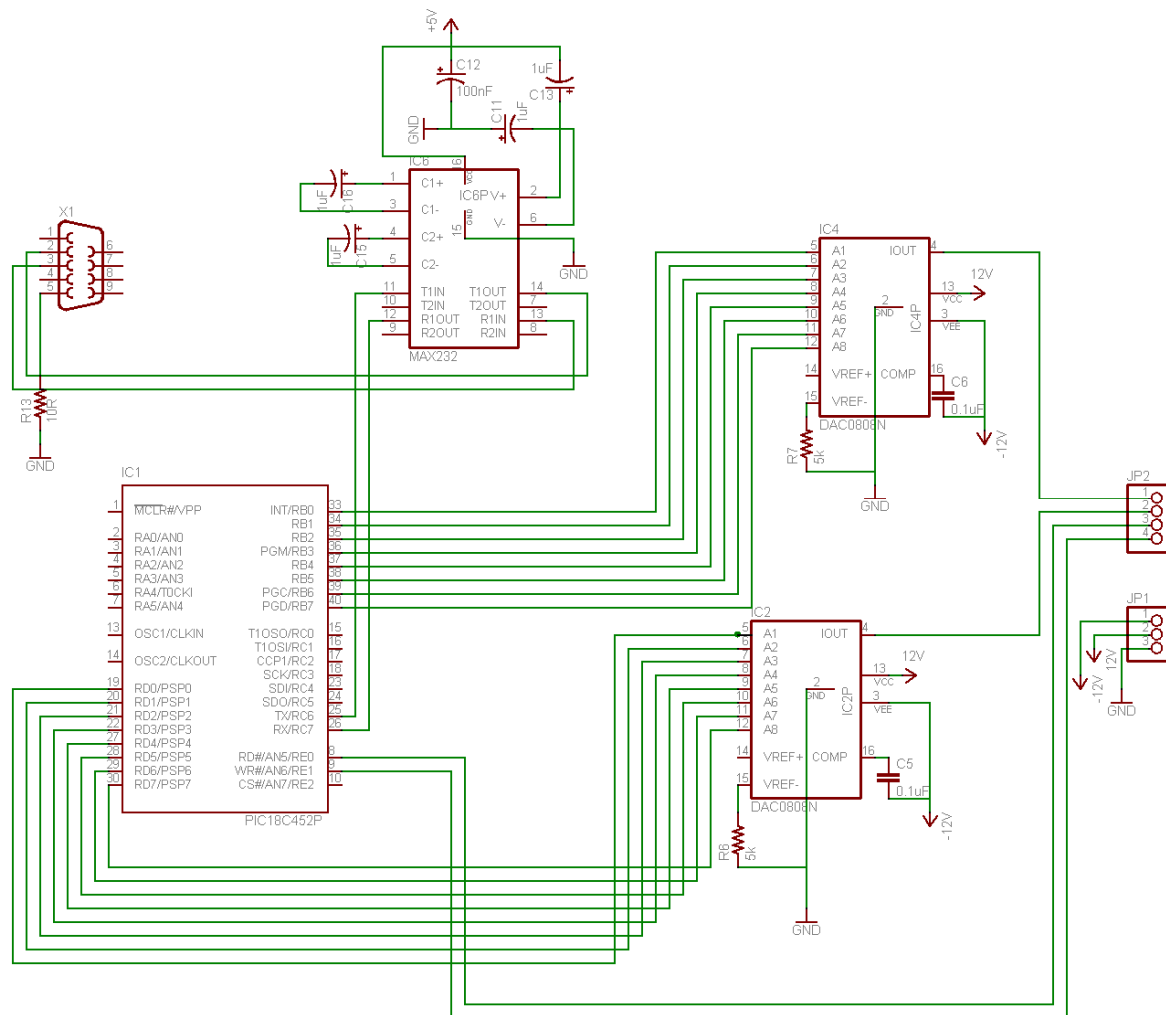


Figura 6.4: Unidade de Controle

6.2.1.1- Objetivo do Módulo

Este módulo tem três objetivos: o primeiro é controlar a tensão de saída que é aplicada na entrada do módulo oscilador, o segundo gerar ondas quadradas que serão aplicadas nos óculos de indução e a terceira realizar a comunicação serial com o computador. No componente JP2, é esperado que na saída tenham duas tensões CC entre 0 e 5V e a saída das duas ondas quadradas geradas pelo microcontrolador. No componente X1, que é a porta serial DB9, serão enviados e recebidos os dados do computador.

6.2.1.2- Protocolo de Teste

Primeiramente verificar se estão sendo enviados dados pela porta serial:

- Colocar um osciloscópio nos pinos 14 e 13 do MAX232 e verificar se existe passagem de dados durante a tentativa de comunicação.
 - Caso não exista, verifique o cabeamento.
 - Verifique se a placa está sendo alimentada corretamente.
 - Troque o MAX232, pois o dispositivo pode estar queimado.

Caso a frequência não esteja variando é necessário fazer as seguintes verificações:

- Fazer a verificação do módulo de oscilação seguindo o protocolo de testes.
- Verificar se existe tensão no pino 4 dos DAC0808 e se esta tensão varia de acordo com as mudanças de frequência no software.
 - Verificar se existe comunicação serial.
 - Caso ambos estejam com problemas, substituir o microcontrolador.
 - Verificar erros de código no firmware.
 - Substituir os DACs.

6.2.1.3- Tabela de Componentes

A tabela 6.2 apresenta os componentes utilizados neste módulo:

Tabela 6.2: Componentes da Unidade de Controle

Componente	Quantidade
PIC18F4520	1
DAC0808	2
MAX232	1
Conector DB9 Macho	1
Resistor de 10K Ohms	1
Resistor de 5k6 Ohms	2
Capacitor de 10uF	6
Capacitor de 100nF	2

6.2.2- Módulo Oscilador

É a unidade de geração de sinal, mostrada na figura 6.5. Os sinais gerados por esta serão injetados no fone de ouvido, por isso conta, além do gerador de funções XR2206, com um amplificador de áudio LM386.

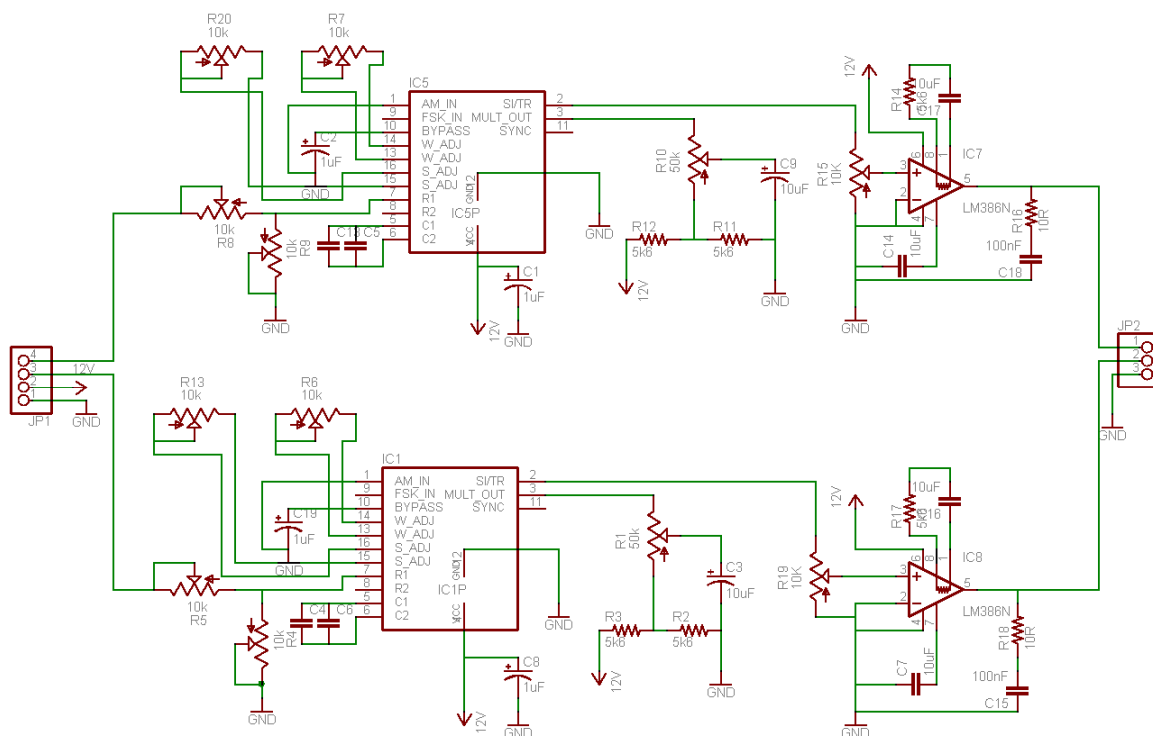


Figura 6.5: Módulo Oscilador

As ondas geradas pelo módulo oscilador são senoidais simples, como pode ser visto na figura 6.6 e devem possuir fases distintas. Quando aplicadas no fone de ouvido individualmente serão responsáveis pelo efeito desejado.

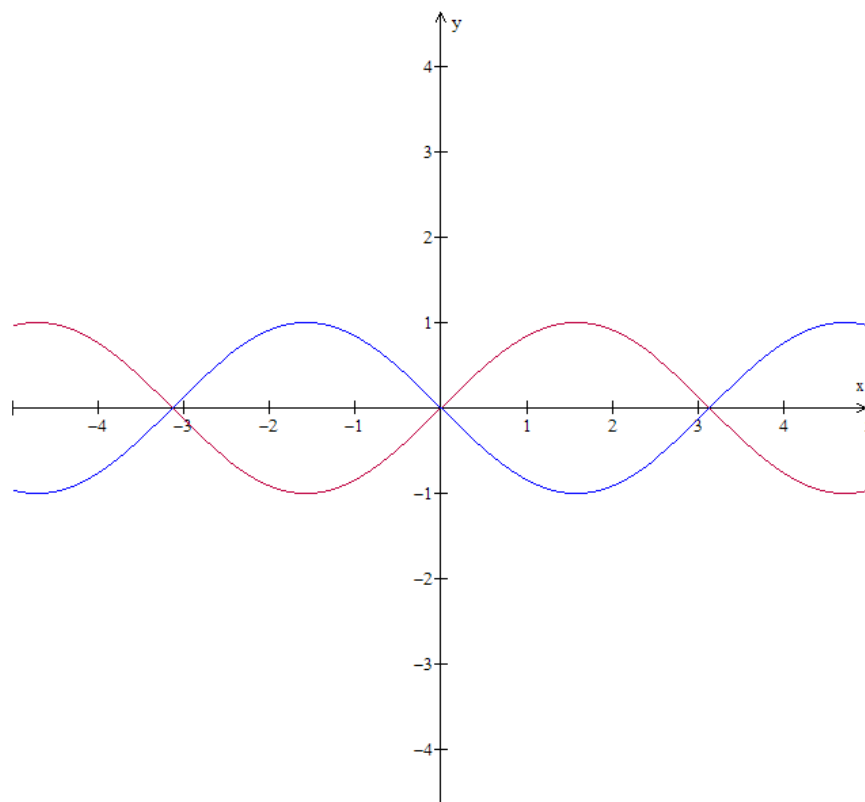


Figura 6.6: Senoides geradas pelo sistema

O módulo oscilador tem por função gerar os sinais de áudio que serão aplicados no fone de ouvido. Este módulo tornou-se necessário pela necessidade de criar ondas senoidais com alta precisão e exatidão. Espera-se na entrada desse módulo a alimentação de 12V e GND, e dois pinos que variam a tensão e que são os responsáveis por controlar a frequência gerada.

6.2.2.1- Protocolo de Teste

Primeiramente é necessário verificar o oscilador. Para isso é necessário realizar os seguintes passos:

- Ligar uma fonte de alimentação no circuito de GND (Pino 6) e +12V (Pino 5).
- Ligar uma segunda fonte de alimentação no circuito nos Pinos 3 e 4. Agora variando a tensão de entrada desta fonte entre 0 e 5V deverá ser verificado nos pinos 1 e 2 uma onda senoidal.

6.2.3.1- Protocolo de Teste

Caso a fonte não esteja cumprindo seu objetivo é necessário fazer os seguintes testes para encontrar os problemas:

- Se existem essas tensões nas saídas dos transistores reguladores.
 - Caso essas tensões não estejam presentes verificar os outros passos, senão trocar os transistores.
- Se existe +15V contínuo na saída da ponte de diodos.
 - O problema possivelmente é no transformador ou nas conexões com o circuito. Verificar as continuidades e a saída em corrente alternada do transformador.
- Verificar a continuidade das trilhas do circuito.
 - Nesse caso é necessário fazer uma nova fonte.
- Verificar a continuidade dos fios do transformador com a tomada e com o circuito.
 - Substituir os fios que estão rompidos.

6.2.2.2- Tabela de Componentes

Segue a tabela de componentes utilizados neste módulo (Tabela 6.4):

Componente	Quantidade
LM7805	1
LM7812	1
LM7912	1
Barra de Pinos	1
Diodo 1N4007	9
Diodo 1N4004	4
Capacitor de 10uF	6
Capacitor de 100nF	6
Capacitor de 4700uF	1

Tabela 6.4: Componentes da Unidade de Controle

CAPÍTULO 8 – VALIDAÇÃO E RESULTADOS

Apesar de ter sido projetado um circuito analógico de alta precisão para a geração do sinal e não se ter atingido a estabilidade desejada, o hardware desenvolvido mostrou-se muito eficiente e muito superior aos equipamentos comerciais encontrados no mercado.

Neste projeto foram utilizadas diversas tecnologias estudadas no curso de Engenharia da Computação, como o controle de DACs, fontes e interface software/hardware, bem como diversas outras adicionadas, como microcontrolador pic, interface serial/usb e oscilador tensão/frequência.

Os testes realizados com o módulo oscilador XR2206 mostraram que este circuito integrado foi uma boa escolha no desenvolvimento do sistema, pois obteve uma boa resposta em frequência, entre 200 Hz à 800 Hz, sem sofrer perda de amplitude. Por possuir amplitude regulável e filtro notch de 60 Hz interno a utilização deste circuito foi de fácil integração a um fone de ouvido de 32 ohms de impedância.

Os ajustes realizados no sistema foram feitos de forma calculada e o ajuste fino de forma experimental para suportar na saída de áudio um fone de ouvido de 32 ohms. Os ajustes realizados no protocolo de comunicação do microcontrolador também foram necessários para diminuir a carga de processamento do microcontrolador e utilizar de forma mais rápida e segura a comunicação serial com o computador.

Por outro lado, a validação prática deste projeto necessita de uma análise muito complexa acompanhada de um especialista da área de saúde, tal como um psicólogo ou neurologista, porém a colaboração deste tipo de profissional foi praticamente nula durante o projeto. O protocolo de validação duraria no mínimo uma semana e haveria a necessidade dos resultados serem acompanhados em um eletroencefalograma para averiguar a fidelidade do equipamento.

Como não foi possível conseguir este tipo de validação científica, os resultados apresentados neste documentos,, são baseados nas experiências realizadas por outros pesquisadores, com equipamentos comerciais que comprovam positivamente o funcionamento deste tipo de técnica. Porém, foi explorada toda a fundamentação técnica possível para garantir que o sistema desenvolvido tenha resultados similares aos encontrados pelo artigo aqui relacionado. Como o equipamento utiliza componentes que possuem ótima estabilidade, provavelmente os resultados serão ainda mais significativos.

O protocolo a ser aplicado para validação deste projeto seria referente à diminuição do tempo de resposta em atletas de ponta.

Os resultados aqui apresentados foram retirados do artigo *“Acute effect of the cerebral stimulation by light and sound on motor reaction time of young athletes”* (EF Deportes, 2008).

No referente artigo foi avaliada a melhora no tempo de resposta (TR) em 20 atletas entre 13 e 25 anos, sendo 10 lutadores de taekwondo e 10 jogadores de futebol profissional. O tempo de resposta é a mensuração do tempo entre o aparecimento de um estímulo cerebral e o momento de iniciação de uma resposta correspondente muscular. (Silva, 2002).

A diminuição do tempo de resposta está diretamente relacionada ao desenvolvimento de competências cerebrais. Como há grande dificuldade de aumentar o número de conexões neurais rapidamente através de treinamentos, e hoje existe grande pressa de se obter resultados imediatos no esporte, é possível aplicar a estimulação através de batimentos binaurais visando ganhos benéficos no esporte rapidamente (Marques et al., 2005).

Foram aplicados testes antes e depois do treinamento e os dados coletados foram usados na montagem da tabela 8.1.

Tabela 8.1: Valores de TR em milissegundos e valores de média, desvio-padrão, escores mínimo e máximo antes e depois do uso da estimulação através de batimentos binaurais. (Adaptado de EF Deportes, 2008).

Sujeitos	Dados	Antes	Depois
N=20	Média	0,41	0,35
	Desvio-Padrão	0,06	0,07
	Escore mínimo	0,33	0,21
	Escore máximo	0,54	0,49

* Nível de significância P=0,01.

A figura 8.1 mostra como houve uma diminuição significativa do tempo de resposta antes e depois da aplicação da estimulação através de batimentos binaurais (Silva et al, 2008).

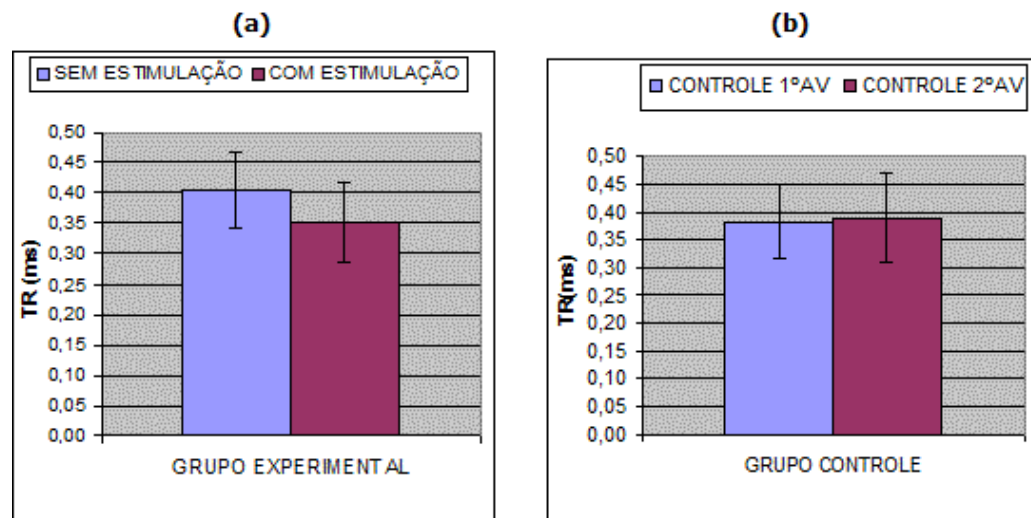


Figura 8.1 (a,b): Disposição das médias dos escores de TR e dos desvios-padrão do grupo na condição experimental, sob influência da estimulação cerebral (a) e, na segunda fase (b), após a dissipação dos efeitos verificados na fase 1. (Adaptado de DF Deportes, 2008).

A constatação de que a indução realmente é eficaz na diminuição do tempo de resposta de atletas é que a amostra de pessoas que tiveram aplicados efeito placebo não obteve resultados melhores, como pode ser visto na tabela 8.2 (Silva et al, 2008).

	Antes	Depois
Média	0,38	0,39
DP	0,07	0,08
Mínimo	0,28	0,27
Máximo	0,49	0,55

Tabela 8.2: Valores de TR em milissegundos e valores de média, desvio-padrão, escores mínimo e máximo antes e depois a aplicação do efeito placebo. (Adaptado de DF Deportes, 2008).

Como pode ser visto com estes resultados, a utilização dos batimentos binaurais são realmente eficazes e conseguem produzir efeitos satisfatórios no cérebro humano. Com o avanço das pesquisas nesta área e com o aumento da busca de terapias alternativas os batimentos binaurais podem ser uma resposta imediata, com poucos efeitos colaterais ao tratamento de diversas doenças.

CAPÍTULO 9 - CONCLUSÃO

Atualmente está ocorrendo uma busca incessante à melhora da qualidade de vida em conjunto com a otimização de tempo e resultados. Existem diversas exigências, como ter melhor desempenho em esportes e até no trabalho, conseguindo resistir ao estresse. Os batimentos binaurais são uma resposta não medicamentosa a essas questões. Apesar de ser uma técnica pouco utilizada esta se firmando cada vez mais como uma maneira eficaz e barata de realizar diversos tratamentos e com o mínimo de efeito colateral.

Obviamente, este projeto não tem a pretensão de esgotar o assunto, pois as tecnologias e, principalmente, as técnicas para a avaliação dos indivíduos submetidos ao batimento binaural nas áreas de neurociências, particularmente em psicologia, psico-pedagogia e educação física, ainda requerem estudos mais aprofundados e extensivos. Entretanto, com o avanço das técnicas computacionais e dos sistemas de avaliação funcional do cérebro, em conjunto com outras pesquisas médicas podem vir a contribuir de forma significativa, mapeando e colaborando com a técnica, como potencializadora da ativação cerebral, principalmente nos casos específicos de tratamentos de distúrbios psicológicos relacionados ao comportamento.

Durante o desenvolvimento do projeto o maior problema encontrado foi em relação da estabilidade do circuito XR2206, que é conhecido por ser um gerador de função comercial de alta-precisão, porém no qual não se conseguiu manter a estabilidade perfeita, ocorrendo variações por volta de 0.5 Hz em relação à frequência estabelecida.

O projeto definitivamente envolveu técnicas abordadas durante o curso, como comunicação serial/usb, microcontroladores, programação orientada-à-objeto, pesquisa operacional e sistemas até então não conhecidos como o gerador de função XR2206, amplificação de áudio e unidades de potência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABP <<http://www.abpbrasil.org.br/clipping/exibClipping/?clipping=3941>>. Acesso em: fevereiro de 2008

AMBIKA et al. **Cromoterapia**. Avatar. 1998

BEAR, F. et al. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. ArtMed, 2002

BROWN, B. B., **Stress and the Art of Biofeedback**. New York: Bantam Books

BUDZYNSKI, T. **The Clinical Guide to Sound and Light**. 2005

COOPER, N. **Paradox lost? Exploring the role of alpha oscillations during externally vs. internally directed attention and the implications for idling and inhibition hypotheses**. 1999, Inst. J. Psychophysiol 47

EF Deportes <<http://www.efdeportes.com>>. Revista Digital, Buenos Aires, Año 13, Número 120, 2008

FOXE. J.J. **Parieto-occipital, 10Hz activity state of visual attention mechanisms**. 1998 Neuroreport 9

GILLEANES T. A. GUEDES, **UML: uma Abordagem Prática**. Novatec

HAROLD L. RUSSELL, **An Audio-Visual Stimulation Unit with Eeg Biofeedback for Treatment of Learning Disabilities**. 1994. Presidente da Bio-Educational Research, Inc.

HENRIQUE, L. **Potencialização Cerebral**, 2006, UFRJ

I-DOSER <<http://www.i-doser.com>>. Acesso em: fevereiro de 2008

KEIL, A. **Functional correlates of macroscopic high frequency brain activity in the human visual system**. Neuroscience Biobehav. Revista 25

KOLB. B. et al. **Neurociência do Comportamento**. Manole, 2002

KOTCHOUBEY, B et al. **Modification of Slow Cortical Potentials in Patients with Refractory Epilepsy: A Controlled Outcome Study**. International League Against Epilepsy, 2001

LANE et al. **Binaural auditory beats affect vigilance performance and mood**. *Physiol Behav*, Janeiro 1998. Vol. 63

LINDSLEY. D. **Psychological phenomena and the electroencephalogram**. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl*. 1952. Novembro.

LISMAN. J. E. e Idiart. M.A.P. **Storage of 7^2 short-term memories in oscillatory subcycles**. 1995

LUTZ, A.. **Long-tem meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice**. *National Academic of Science U.S.A*, 2004, Novembro

MARQUES, LUCIENE DE JESUS et Al, **Método M.R. de Potencialização Cerebral e Controle da Mente © 2004 em Atleta de Triatlon**. Apresentado no *Congresso FIEP Cabo Frio/2005*.

MILLER, G.A. **The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information**. *Psychol*.

PREM. S. K., **A Yoga do Bhagavat Gita**. Penguin Books, 1958

SIEVER, D. **Independent Field Photic Stimulator**. 1996. Comptronic Devices Limited, 1999

SIEVER, D. **The application of audio-visual entrainment for seasonal affective disorder**. *Biofeedback*, 2004

SIEVER, D. **Audio-Visual Entrainment: History, Physiology & Clinical Studies**. 2006. AAPB

SILVA, VERNON FURTADO et Al, **Acute effect of the cerebral stimulation by light and sound on motor reaction time of young athletes**, EFDEPORTES Revista Digital, 2008 Ano 13, Número 120.

What is Biofeedback? <<http://www.psychotherapy.com/bio.html>>. Acesso em: fevereiro de 2008

WikiPedia <<http://www.wikipedia.org/eletroencefalography>> Acesso em: fevereiro de 2008

WORDEN. M. S. **Anitcipartory biasing of visuospatial attention indexed by retinotopically specific aband encephalography increases over occipital cortex**. 2000 J. Neuroscience. 20