

SISTEMA DE NEUROFEEDBACK PARA TRATAMENTO DE ESTRESSE

Ângela Abreu Rosa de Sá¹, Alcimar Barbosa Soares, Ph.D.²

Universidade Federal de Uberlândia

Faculdade de Engenharia Elétrica

Laboratório de Engenharia Biomédica

¹ angela_abreu@yahoo.com, bolsista CAPES

² alcimar@ufu.br, orientador

Resumo— O estresse da vida atual é um dos principais causadores de patologias como dor de cabeça, estafa e ansiedade. Uma das maneiras de curar esses males é utilizar a técnica denominada neurofeedback. O objetivo deste artigo é descrever o desenvolvimento de um sistema em tempo real utilizando EEG biofeedback.

Palavras-Chave— Biofeedback, neurofeedback, estresse, EEG.

Abstract— Stress in modern life is one of the main causes of pathologies such as headaches, fatigue and anxiety. One of the ways to cure these illnesses is to use a technique called neurofeedback. The goal of this paper is to describe the development of a real time system using EEG biofeedback.

Index Terms— Biofeedback, neurofeedback, stress, EEG.

I-INTRODUÇÃO

A violência, o trabalho e a dificuldade financeira são alguns dos fatores que tornam o cotidiano das pessoas mais estressante e, conseqüentemente, faz com que muitas delas desenvolvam patologias tais como dor de cabeça, depressão, ansiedade e estafa. Tais patologias refletem diretamente, e negativamente, na vida desses indivíduos; pois a pessoa tem uma perda da capacidade de desenvolvimento, queda na velocidade de processamento da informação, atividade psicomotora, processamento semântico e lógico (DeLuca, JohnsonBeldowicz & Natelson, 1995). Para aliviar tais tensões cerebrais, as pessoas procuram diversos tratamentos, tais como remédios, massagens, etc. Mas, o grande problema de tais soluções, é que o efeito delas é de curta duração e causa uma dependência do uso das mesmas para que o paciente sinta a sensação de alívio. Em alguns casos, os pacientes não respondem bem à medicação e até sofrem efeitos colaterais (Basmajian, 1989; Beck, 1997).

Existem também as técnicas de relaxamento, que são procedimentos no âmbito da medicina comportamental que visam aliviar

o estresse. Seu desenvolvimento histórico é recente, visto que as principais técnicas têm suas origens no início do século XX (Nieves & Vila, 2002). Dentro dessas técnicas existe uma que aborda os mecanismos de aprendizagem das respostas biológicas, isto é, o paciente aprende a controlar algumas variáveis fisiológicas/biológicas para atingir um padrão ideal. Para apoiar tal técnica podemos trabalhar com dispositivos para captação das ondas cerebrais (delta, theta, alfa, gama e beta), e essa associação recebe o nome de EEG Biofeedback (Neurofeedback). Essa técnica consiste no uso de um equipamento computadorizado para registrar as ondas cerebrais e mostrá-las de forma facilmente compreensível e que, ao longo de um processo de treinamento, a pessoa possa conseguir níveis crescentes de controle voluntário de sua atividade cerebral. O objetivo final é que o paciente possa dispensar o equipamento e levar para o seu dia a dia as estratégias de auto-regulação aprendidas (Kneit, 2002). Para o tratamento de estresse, é muito utilizado a faixa de frequências Alpha (8~12Hz). Sabe-se que quando a pessoa está no estado de relaxamento, esta faixa é a dominante, por isso muito tem – se estudado sobre o efeito do aumento da amplitude da faixa Alpha e da queda da amplitude das outras, isto é, fazer com que a faixa 8~12Hz seja a faixa das frequências dominantes. O resultado disso é uma pessoa mais calma e a redução da tensão cerebral (Peper, 1983).

II-SISTEMA DE NEUROFEEDBACK

Esse artigo mostra o desenvolvimento de um sistema em tempo real para relaxamento, utilizando neurofeedback. O sistema é composto pelos seguintes módulos: 1– eletrodos não invasivos para a captação do sinal EEG; 2– sistema de condicionamento de sinais; 3– sistema de conversão A/D; 4– Software de biofeedback. A Figura 1 mostra, esquematicamente, a estrutura descrita:

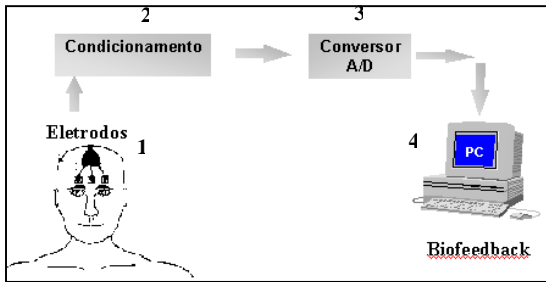


Figura 1 - Estrutura do sistema

1- Eletrodos

Para a captação do sinal EEG serão utilizados dois eletrodos Ag-AgCl, não-invasivos, no formato de disco (Figura 2).



Figura 2 - Eletrodos de Ag-AgCl utilizados na captação do sinal EEG

Os eletrodos são fixados no escalpo com uma pasta adesiva, usada em conjunto com um gel condutivo. A colocação dos eletrodos segue o Sistema Internacional 10-20: um eletrodo é colocado no lobo da orelha (A1 ou A2) para ser utilizado como referência, e o outro é colocado no vértex central CZ (Figura 3), que é o local mais propício para captação da faixa Alfa (Schwartz, 1995).

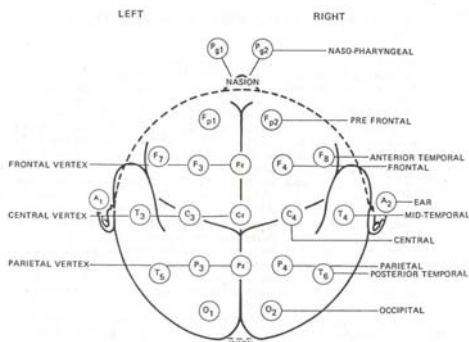


Figura 3 - Posicionamento dos eletrodos de acordo com o Sistema Internacional 10-20

O sinal captado por esses eletrodos serão enviados para o sistema de condicionamento.

2 – Condicionamento

O sistema de condicionamento é responsável por amplificar o sinal captado pelos eletrodos e eliminar os ruídos e artefatos

(movimento dos olhos, batimentos cardíacos, etc) que podem estar presentes no sinal detectado. Este sistema possui também entrada para outros tipos de sinais, que podem ser utilizados como apoio ao relaxamento da tensão cerebral, são eles:

- **Eletromiografia** ⇒ Mensura a atividade elétrica dos músculos esqueléticos. É usado para relaxamento geral (Kneit, 2002);
- **Temperatura** ⇒ Mensura o fluxo sanguíneo na pele. Quando os pequenos vasos na pele se dilatam, o fluxo sanguíneo e a temperatura aumentam, e quando esses vasos se contraem, o fluxo sanguíneo e a temperatura diminuem. Os vasos dos dedos são sensíveis ao estresse (vasoconstricção) e ao relaxamento (vasodilatação) (Kneit, 2002);
- **GSR (Galvanic Skin Response)** ⇒ A resposta galvânica da pele é devida às variações em sua capacidade de conduzir pequenas correntes elétricas. Estas variações ocorrerão devido à maior umidade (estresse) ou secura da pele (relaxamento) (Kneit, 2002);
- **Eletrocardiografia** ⇒ Mede a frequência cardíaca. Este tipo de feedback tem sido utilizado para o controle da ansiedade (Fuller, 1971);
- **Frequência respiratória** ⇒ A alta frequência respiratória é um indicador de ansiedade (Fuller, 1971);

3 – Conversor A/D

Para a conversão analógico/digital (A/D) do sinal foi utilizado o microcontrolador PIC 16F873-20. Este microcontrolador também tem a responsabilidade de executar o protocolo de comunicação com a porta paralela do computador para que os dados sejam transferidos corretamente.

4 – Software Para Biofeedback

A linguagem de desenvolvimento deste sistema é o Visual C++, plataforma Windows. O desenvolvimento da modelagem 3D foi feita utilizando o 3D Studio Max (Kinetix) e usamos o DirectX 8.0 SDK para a renderização em tempo real. As simulações foram realizadas em um computador com processador Pentium IV 2GHz, 256 MB de memória RAM e com uma placa de aceleração gráfica.

O sistema está preparado para fornecer ao paciente os seguintes tipos de biofeedback:

- **Auditivo**

O som se altera de acordo com a variação do sinal;

- *Visual*
 - Ambientes com elementos 3D que são controlados pelos sinais captados pelos sensores;
 - Gráficos mostrando os sinais coletados;

Para facilitar o acompanhamento e a evolução do paciente, o sistema também está preparado para realizar as seguintes tarefas:

- *Cadastrar pacientes*
Nesta unidade são armazenados os dados pessoais, clínicos (altura, pressão arterial, peso e vícios), anamnese e tratamento proposto;
- *Armazenar as sessões realizadas*
Armazena todos os sinais coletados durante a sessão. O terapeuta pode também armazenar o seu comentário acerca do desempenho do paciente;
- *Gerar relatórios*
Os relatórios podem ser referentes a todas as sessões realizadas ou a uma sessão específica.;
- *Mostrar a estatística dos sinais armazenados em uma determinada sessão*
O terapeuta pode visualizar a estatística (valor RMS, variância, desvio padrão, valor máximo e mínimo) de toda a sessão ou apenas de um determinado intervalo.

III-MATERIAIS E MÉTODOS

Aquisição, plotagem e análise dos dados

Para fazer a plotagem e a análise dos dados em tempo real foi necessário utilizar programação concorrente. A Figura 4 mostra o esquema básico dos processos concorrentes (threads) e dos bancos de memória (buffers) utilizados. Como tais buffers são recursos utilizados por mais de um processo (threads), foi necessário utilizar variáveis mutex para controlar o acesso aos mesmos.

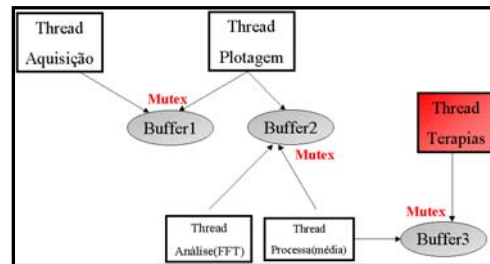


Figura 4 - Programação concorrente utilizada no sistema de neurofeedback

Para facilitar a compreensão, o esquema da Figura 4 pode ser dividido em 3 grandes blocos: 1- Aquisição e plotagem dos dados; 2- Análise e processamento; 3- Terapias.

1 - Aquisição e plotagem dos dados

A *Thread Aquisição* coleta os dados da porta paralela e armazena no Buffer1. Para fazer esta coleta, esta thread estabelece um protocolo de comunicação com o microcontrolador 16F873-20, que é responsável pela digitalização do sinal. A *Thread Plotagem* acessa os dados do Buffer1, plota na tela e descarrega-os no Buffer2, para que sejam utilizados por outros processos concorrentes (*Thread Análise* e *Thread Processa*). A frequência de amostragem do sinal EEG é de 256Hz, obedecendo à Taxa de Nyquist.

2 - Análise dos Dados

A *Thread Análise* acessa os dados de Buffer2, calcula a FFT via Chirp-Z (Soares & Andrade 2002) e plota o resultado na tela. A *Thread Processamento* coleta os dados do Buffer2, calcula a amplitude da frequência da onda a ser analisada (alpha), e transfere este resultado para o Buffer3 para que esse valor seja utilizado pelo processo concorrente *Thread Terapia*. Para fazer a análise do sinal EEG, aplicamos a FFT via Chirp-Z e a partir dela extraímos os parâmetros de frequência tais como Delta (0.5 ~4H), Theta (4~7Hz), Alpha (8~12Hz), beta (13 ~ 30Hz) e Gama (> 30 Hz). Os dados adquiridos pela porta paralela são atualizados a cada 0.5 segundo e o espectro de frequência desta porção de dados é calculado em tempo real para fornecer o feedback ao paciente.

3 - Terapias

A *Thread Terapias* coleta o dado do Buffer3 e fornece o biofeedback para o paciente.

Para o desenvolvimento das terapias, que são responsáveis pelo biofeedback ao paciente, foi necessário criar 3 bibliotecas multimídia, são elas:

- *Biblioteca de som*

Esta biblioteca foi desenvolvida para ser possível fornecer um biofeedback sonoro para o paciente e/ou para proporcionar um som ambiente para a terapia. Ela foi criada utilizando como base as bibliotecas DirectMusic e o DirectSound (ambas são partes do DirectX 8.0 SDK MS-Windows) e possuem as seguintes responsabilidades:

- Tocar sons wave e midi;
- Gerenciar a execução de diversos sons simultaneamente;
- Controlar o volume, distorção, eco, etc. de acordo com a variação do sinal de feedback.

- *Biblioteca de vídeo*

A biblioteca de vídeo foi criada para tocar vídeos especialmente selecionados para cada terapia animados. Ela foi criada utilizando o DirectShow (parte integrante do DirectX 8.0 SDK MS-Windows) e possui as seguintes responsabilidades:

- Tocar vídeos no formato avi, mpeg, mpg e mov;
- Controlar a execução de um vídeo, ajustando-a a uma textura 3D;
- Controlar o volume da música presente no vídeo;

- *Biblioteca 3D*

A biblioteca 3D foi criada utilizando o Direct3D (parte integrante do DirectX 8.0 SDK MS-Windows), e com ela podemos importar os objetos 3D criados no 3Dmax e, juntamente com o Visual C++, fazer a renderização em tempo real do ambiente 3D. Com os objetos em 3D, é possível realizar as animações necessárias para fornecer o biofeedback ao paciente.

Com essas bibliotecas multimídia, foram desenvolvidos os seguintes ambientes:

- *Ambiente Circo*

O objetivo do paciente é manter a gangorra equilibrada e não deixar a bola cair. Isto só acontecerá quando ele atingir o limiar que o terapeuta definir (Figura 5).

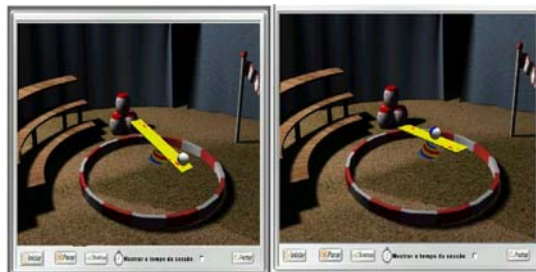


Figura 5: Ambiente Circo

- *Ambiente Neblina*

Para poder visualizar a imagem (ou filme) que está encoberto pela neblina, o paciente deverá atingir o padrão de relaxamento desejado (Figura 6).



Figura 6: Ambiente Neblina

- *Ambiente Quebra-Cabeça*

No início da sessão, um quadro se quebra em vários pedaços, como se fosse um quebra-cabeça. Para remontar o quadro o paciente deverá relaxar (Figura 7).

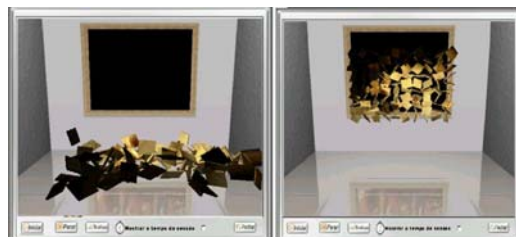


Figura 7: Ambiente Quebra-Cabeça

- *Ambiente Fundo do Mar*

Um peixe nada em círculos e deverá passar entre as argolas. Para que isso ocorra E para isso acontecer, o paciente deverá atingir o padrão que o terapeuta definir (Figura 8).

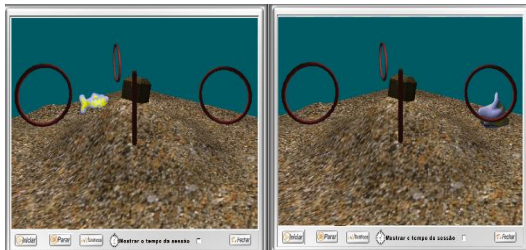


Figura 8: Ambiente Fundo do Mar

IV - TREINAMENTO EM NEUROFEEDBACK

Antes de colocar em prática a terapia de biofeedback, é necessário seguir um procedimento padrão, como mostra a Figura 9.



Figura 9: Diagrama de blocos da estrutura do tratamento de biofeedback

1 – Avaliação inicial

Antes de iniciar o tratamento em biofeedback, é fundamental fazer uma avaliação do problema do paciente. Neste momento deverão ser analisados tanto o caráter das alterações ou respostas-problema, como sua localização, intensidade e duração; e sempre deve-se tentar buscar os possíveis fatores que intensificam ou diminuem as enfermidades do paciente (Simon, 2002). É de extrema importância explicar ao paciente qual é o fundamento da terapia em biofeedback, em

que consiste e como funciona. Também deverá ser explicado de forma clara qual é a tarefa que o paciente deverá realizar ao longo do treinamento e como ele deve guiar o seu esforço através da informação proveniente do aparelho e do próprio terapeuta (Basmajian, 1989).

2 - Definição da linha de base

Após a avaliação inicial e do correto posicionamento dos eletrodos, no início de cada sessão o terapeuta deve fazer a medição da linha base, que é o perfil dos níveis de atividade psicofisiológica do paciente (Simon, 2002). Como estamos tratando relaxamento, devemos saber qual é o perfil do paciente para a faixa Alpha.

3 – Fixação de metas

Posteriormente, o terapeuta deverá marcar qual será o limiar do paciente, ou melhor, qual é a meta que o paciente deverá alcançar naquela sessão. É importante que a meta não seja muito próxima à linha de base, pois dessa maneira aprendizado será praticamente nulo, mas não deve ser muito distante, pois assim o paciente ficaria desanimado e desmotivado a continuar o tratamento (Simon, 2002).

4 – Treinamento/ Terapia

O terapeuta tem um papel fundamental durante o treinamento: ele é responsável por ajudar e incentivar o paciente por meio de reforço verbal, criando um clima de trabalho e colaboração que favoreça o interesse e o esforço do paciente; ajudando o sujeito a executar estratégias que possam facilitar o controle da resposta de interesse (imagens mentais, exercícios de tensão – relaxamento, etc.). O sistema fornece dois tipos de biofeedback: gráficos e ambientes tridimensionais.

4.1 – Gráficos do sinal e análise espectral

Este tipo de feedback é exclusivo para o terapeuta, pois ele, em geral, não é atrativo para o paciente. O sinal coletado pode ser apresentado ao terapeuta na forma de gráfico ou decomposto em frequências. As frequências são mostradas de duas maneiras diferentes:

- Gráficos de Barras

Um gráfico 2D indicando a amplitude de cada frequência. Observe, na Figura 10, que cada faixa de frequência é representada por uma cor diferente.

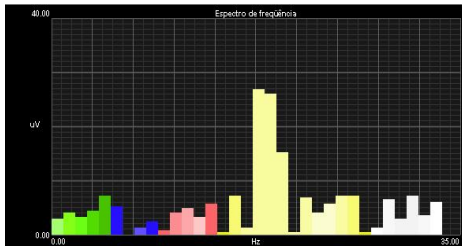


Figura 10: Gráfico de Barras

- Analisador Espectral 3D

Neste tipo de visualização, o terapeuta tem uma visão muito clara das frequências dominantes, visto que pode acompanhar a variação do espectro de frequência com o decorrer do tempo (Figura 11).

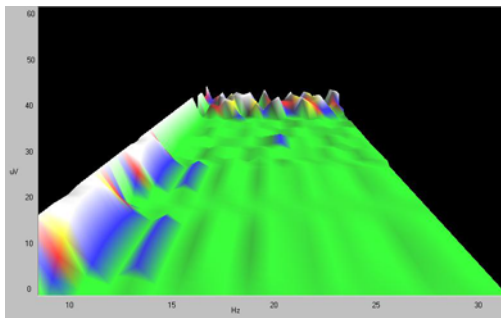


Figura 11: Analisador Espectral 3D

4.2 - Ambientes com elementos 3D controlados pelo sinal de feedback

Este tipo de feedback pode ser visualizado pelo paciente e pelo terapeuta. Um dos seguintes ambientes deve ser selecionado antes do início da terapia (ver Figuras 5, 6, 7 e 8):

- Neblina;
- Quebra – cabeça;
- Fundo do mar;
- Circo.

O ambiente que será utilizado na terapia pode ser escolhido pelo próprio paciente com anuência do terapeuta, deixando-o assim livre para optar pelo ambiente que mais lhe agrada e estimular o treinamento.

5 – Avaliação dos resultados

Ao final da sessão é muito importante que o terapeuta faça, juntamente com o paciente, uma análise da sessão. Eles devem rever os sinais coletados e discutir os momentos em que houveram progressos ou “erros. Não se pode dizer que o tratamento de biofeedback teve êxito até que o paciente controle a resposta na ausência de feedback, isto é, até que aprenda a se auto–regular.

V-DISCUSSÃO

A forma diferenciada de biofeedback para o paciente (através de ambientes, e não somente gráficos), faz com que o treinamento seja mais fácil e agradável para o, pois o feedback fica mais compreensível. A possibilidade de escolha de diferentes tipos de ambientes em cada sessão evita que as sessões fiquem monótonas e, a junção do biofeedback visual com o auditivo torna a terapia mais atrativa para o paciente. E ainda, a forma do espectro de frequência apresentado ao terapeuta (gráfico de barras e analisador espectral) é bastante representativa e de fácil compreensão. O sistema, ainda, está em fase final de desenvolvimento, ao término da qual deverão ser iniciados os testes e avaliações clínicas.

VI-CONCLUSÃO

O sistema foi desenvolvido na linguagem Visual C++ 6.0 visando o relaxamento através da técnica de neurofeedback. Através deste treinamento, o paciente pode aprender a controlar alguns padrões biológicos (auto-regulação), e dessa forma aprender a controlar ou minimizar diversos efeitos gerados pelo estresse diário. Este dispositivo também pode ser aplicado na reabilitação cognitiva de pessoas que sofreram algum tipo de Acidente Vascular Cerebral (AVC), na redução da tensão pré – menstrual, epilepsia, etc. Posteriormente, este sistema deverá incorporar um sistema de aquisição de dados utilizando a entrada USB e telemetria.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a importante colaboração do Dr. José Chaves, da Faculdade de Psicologia desta universidade, e da Dr^a. Tatiana Adamov Semeghini, da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (USP – Ribeirão Preto) durante o processo de especificação deste sistema.

REFERÊNCIAS

- Basmajian,J; Biofeedback: Principles and practice for clinicians, Williams & Wilkins,1989.
- Beck, Judith; Terapia Cognitiva – Teoria e prática, Artes Médicas, 1997.
- DeLuca,J., Johnson,S.K., Beldowicz,D.,& Natelson Neuropsychological impairments in chronic fatigue syndrome, multiple sclerosis, and depression. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatr,1995.
- Fuller, G; Biofeedback: methods and procedures in clinical practice; San Francisco,1971.
- Kneit,L; Treinamento em Biofeedback: O Que é biofeedback? Como ele funciona? Como é usado?, Association for applied psychophysiology and Biofeedback,2002.
- Nieves,M; Vila, Jaime Técnicas de Relaxamento in Manual de técnicas de terapia e modificação do comportamento, Santos, 2002.
- Peper,E. Mind/Body Integration: essential readings in biofeedback; Plenum Press,New York,1979.
- Scharwtz,M; Biofeedback a practitioner's guide, the guilford press, 1995.
- Simón,M; Biofeedback in Manual de técnicas de terapia e modificação do comportamento, Santos, 2002.
- Soares,A; Andrade,A. Power Estimation of emg signals via chirp-z transform, XIVth Congress of the international society of electrophysiology and kinesiology, Vienna, 2002.