Pesquisa Realizada pelo www.enscer.com.br

"IMAGINANDO, DESENHANDO E RELATANDO."

Ednilson Rodella

1 - Introdução

A evolução modelou o homem como um ser visual falante. Isso significa ser capaz de falar sobre o que se está vendo, ou que foi visto e ser capaz de visualizar o que é falado. A linguagem fornece uma fala interior para se pensar sobre o mundo visível enquanto que a imaginação visual permite alguém ver o que as palavras estão dizendo.

Os circuitos neurais envolvidos na linguagem estão distribuídos por quase todo o cérebro, apesar da especialização do hemisfério esquerdo para funções específicas da linguagem (Bavelier et al, 1997; Bhatnagar et al, 2000; Cabeza e Nyberg, 1997; Cabeza e Nyberg, 2000; Hutsler e Gazzaniga,1997; Meyer et al, 2000; St George et al, 1999). O mesmo ocorre com a visão, com a diferença da especialização do hemisfério direito para a composição mental das imagens exteriores. Esses dois sistemas, o verbal e o visual, trocam informações em certas áreas do lóbulo parietal e frontal (Elias et al, 1999; Gabrieli et al, 1998; Hopfinger et al, 2000; Marshestz et al, 2000; Smith et al, 1998; St George et al, 1999; Ungerleider et al, 1998). Essa troca de informação permite a linguagem se tornar visual e a visão se tornar linguagem.

O processamento da linguagem depende da atividade dos neurônios da área de Broca e de áreas temporais e parietais do hemisfério esquerdo. Inúmeras pesquisas mostraram que a área de Wernicke se incumbe de acessar a semântica das palavras reconhecidas tanto acusticamente quanto visualmente, e que a área de Broca está envolvida na identificação do verbo e de sua sintaxe, apesar do seu papel no controle da fonação (Berkum et al, 1999; Federmeier et al, 2000; Murta et al, 1999; Perani et al, 1999). As palavras de função (conjunções, preposições e pronomes) são provavelmente processadas mais frontalmente, talvez próximo à área de Broca, no entanto alguns autores afirmam haver participação de áreas parietais e temporais no processamento de certas palavras de função (Berkum et al, 1999; Brown et al, 1999).

Sabe-se que as palavras percebidas pela audição ou pela visão são inicialmente reconhecidas no córtex auditivo verbal do lóbulo temporal, ou no giro angular, e então verbalmente processadas nas áreas de Broca e Wernicke (Cohen et al, 2000; Ni et al, 2000; Tarkiainen et al, 1999). O reconhecimento de sentenças envolve a participação recursiva tanto das áreas temporais e parietais, quanto das áreas frontais, como demonstrado em trabalhos de ressonância magnética funcional e pela sua dependência aos potenciais negativos frontais precoces e os temporo-parietais tardios associados às palavras que compõem a sentença (Bentin et al, 1999; Berkum et al, 1999; Federmeier et al, 2000; Ni et al, 2000). Pode-se hipotetizar que um verbo é inicialmente identificado pela área de Broca, a qual préativa áreas parieto-temporais responsáveis pelo processamento das palavras adequadas à semântica e sintaxe desse mesmo verbo.

As palavras de função se incumbem da tarefa de relacionar diversas palavras da frase redefinindo seus significados de acordo com a relação estabelecida pelo significado da própria palavra de função. Essas palavras também juntam e estabelecem relações de coordenação ou subordinação entre as frases de um texto. A memória executiva verbal, no hemisfério frontal esquerdo é responsável em manter ativado os neurônios capazes de restabelecer conexões neurais que lembrem episódios já passados durante o discurso.

O processamento visual depende principalmente da ativação dos neurônios das vias "*onde*" e "*o que*" (Ungerleider et al, 1998). As estruturas básicas dos objetos, tais como linhas, orientação dos contornos, comprimento de ondas, etc. ao serem representadas no córtex occipital são processadas por neurônios pertencentes ao processamento visual primário localizados no córtex estriado. Neurônios de associação distribuídos ao longo da via "*o que*" combinam essas estruturas básicas para identificar formas mais simples, como triângulos, círculos, cubos, e formas mais complexas como faces e paisagens (Ishai et al, 2000; Kanwisher e Wojciulik, 2000; Maunsell e Ferrera, 1995; Nakamura et al, 2000; O'Craven e Kanwisher, 2000; Riesenhuber e Poggio, 1999;Young, 1995). A cor é reconhecida principalmente em Vi e V2 e o cálculo de constância de cor é realizado em V4. O terceiro estágio do processamento da cor, baseado na ativação das áreas do córtex frontal e temporal interior, está relacionado com a cor de objetos (Zeki e Marini, 1998). Neurônios associativos distribuídos ao longo da via "*onde*" no lobo parietal localiza os elementos identificados pelos neurônios da via *o* "*que*", bem como extrai suas relações espaciais, permitindo células frontais, hipocampais, etc. reconhecerem cenas completas (Epstein e Kanwhiser, 1998; Johnsrude et al, 1999; Maguire et al, 1998; Nakamura et al, 2000).

A troca de informação verbal e visual nas regiões frontais permite que os dados visuais e verbais sejam integrados tanto para a identificação total de cenas completas do presente, quanto para recriar cenas do passado, quanto para projetar ações específicas no futuro. A lembrança de eventos pontuais ou prototípicos envolve a participação das áreas frontais verbais (hemisfério esquerdo) e visuais (hemisfério direito) (Brewer et al, 1998; Curtis et al, 2000; Ungerleider et al, 1998). Essa troca de mensagem entre os hemisférios frontais permite a informação verbal ser decodificada em dados visuais e vice-versa, e acionar uma a memória episódica verbal e/ou visual em cada hipocampo e suas áreas adjacentes (Brewer et al, 1998; Sawrie et al, 2000).

Uma série de estudos vem propondo que a imaginação mental recruta muitos dos mecanismos envolvidos na percepção visual (Cabeza e Nyberg, 1997; Cabeza e Nyberg, 2000; Kosslyn et al 1999; Mellet et al, 2000;Perani et al, 1999;Raij,1999), existindo a discussão se as áreas de processamento visual primário também participam da criação das imagens mentais (Mellet et al, 2000). Palavras concretas parecem recrutar muitos mais neurônios das áreas visuais que as palavras abstratas (West e Holcomb, 2000). Em geral, os indivíduos também codificam e produzem mais rápida e completamente palavras concretas que abstratas. Tem sido proposto que as palavras concretas, e não as abstratas, são capazes de ativar um sistema "imagístico" e isso daria uma vantagem no reconhecimento das palavras concretas em relação às abstratas (Holcomb et al, 1999;Holcomb e McPherson, 1994;Paivio, 1986;Paivio, 1991;West e Holcomb, 2000). De acordo com West e Holcomb (West e Holcomb, 2000) os ERPs são mais negativos sobre o córtex frontal para as palavras concretas do que para as abstratas entre 500 e 800 ms.

Rocha et. al, 2001 desenvolveram uma técnica de Mapeamento Cognitivo Cerebral (MCC) a partir do registro do eletroencefalograma, e mostraram que a compreensão de um texto é modificada pelo uso ou não de imagens que ilustrem a história contada. Um conto humorístico de L. F. Veríssimo foi gravado por um falante nativo do português e também ilustrado por um desenhista profissional. Apresentou-se o texto falado e ilustrado para um grupo (A) de indivíduos e somente o texto falado para outro grupo (B) experimental, enquanto registrava-se o eletroencefalograma do voluntário. Depois o indivíduo era submetido a tarefas para avaliar sua compreensão da história. Os resultados mostraram que na ausência da ilustração os indivíduos imaginam a história contada, utilizando o córtex frontal para recodificar a informação verbal em visual e coordenar áreas parieto-occipital para mentalmente visualizar a cena imaginada. O uso de ilustração modifica o processamento, porque os indivíduos são mais verbais ou visuais no tratamento da informação. Um indivíduo verbal apoia-se mais sobre o processamento lingüístico e utiliza a informação visual para corroborar os resultados desse processamento verbal. O contrário ocorre com os indivíduos mais visuais, que utilizam a informação verbal para complementar o processamento visual.

Rocha et al, 2001 analisando os MCCs associados às atividades de resolução de charadas e compreensão de histórias por um grupo de adultos (A), por um grupo de crianças freqüentando o ensino fundamental (F) e por um grupo matriculado na educação infantil (I), mostraram que:

1. O número de erros e o tempo na solução de qualquer um dos jogos foi alto para o grupo I, se reduziu para o grupo F e atingiu os menores valores para o grupo A, e
2. Nas atividades de linguagem, os adultos fizeram uma recodificação da informação verbal para visual durante a apresentação da fala, uma vez que ativaram áreas do hemisfério esquerdo associadas ao processamento lingüístico, e áreas do hemisfério direito associadas à criação visual, ou à lembrança das imagens mentais associadas ao texto. Durante o período que se seguiu à apresentação da informação visual eles utilizaram áreas frontais para uma decisão rápida, quase isenta de erro. Os indivíduos do ensino fundamental (grupo F), por sua vez foram muito mais verbais no jogo de charadas e muito mais visuais nas atividades da história, uma vez que observou uma ativação predominante de hemisfério esquerdo anterior durante a realização da charada e uma forte ativação bilateral posterior durante o processamento da história. Finalmente, as crianças da educação infantil (grupo I) pareceu recrutar um maior número de áreas em ambos hemisférios do que os demais grupos, embora tenha parecido haver uma predominância de uma maior participação do cérebro anterior.

Esses resultados mostram que os MCCs não só identificam adequadamente as áreas cerebrais mais envolvidas na solução de uma tarefa cognitiva, mas também demonstram o caráter distribuído do processamento cerebral e a dependência da inteligência à essa capacidade de recrutamento neural (Rocha, 1999; Rocha et al, 2001). Mais importante, ainda, é a demonstração de que o recrutamento neural para solução da mesma tarefa muda com a idade e desenvolvimento intelectual da população, conforme discutido na literatura (Chugani, 1999; MacKintosh, 1998; Thompson et al, 2000).

Os resultados obtidos por Rocha e colaboradores com os MCCs têm sido utilizados para desenvolvimento do projeto ENSCER®, financiado pela FAPESP na sua linha de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (Processo 97/6020-9), e pelo CNPq como um projeto temático na área de Informática e Educação (Processo 48 03281/99-4), que tem por objetivo estudar a aplicação dos conhecimentos fornecidos pelas neurosciências para orientar os processos de ensino para a Educação Infantil e o Ensino Fundamental.

O propósito do presente trabalho é continuar essa investigação das relações entre os sistemas de processamento visual e verbal e a evolução dessa interação com o progresso escolar, propondo inicialmente uma tarefa predominantemente visual, como por exemplo, a criação de cenários sobre um tema específico, com a utilização de editores de desenhos, e depois solicitar uma descrição verbal da cena criada, e comparar esses resultados com aqueles de criação de cenários orientados por uma história ouvida. Deve-se selecionar temas específicos para uniformização da análise dos resultados.

Para esse fim deve-se utilizar um editor de desenhos que permita a utilização de carimbos pré-definidos, que sejam correlacionados com os temas escolhidos e utilize uma linguagem de programação de objetos, de modo que o cenário possa ser descrito por sentenças de posicionamento dos carimbos e de suas relações no cenário. Além disso, esse editor de desenho deve permitir a sincronização de seus eventos com o registro do eletroencefalograma, para que seja possível um estudo das áreas cerebrais ativadas durante o processo criativo tanto visual quanto verbal.

O presente trabalho propõe, portanto:

- Desenvolver o editor de cenários necessário para realizar investigações entre as relações entre os sistemas de processamento visual e verbal, e,
- Utilizá-lo para investigar o processamento cerebral envolvido na criação de cenários livres sobre um tema conhecido e de cenários orientados por uma história ouvida.

2 - EdCen

2.1 – As características

O EdCen, é um editor para criar desenhos ou cenários cujos componentes são tanto objetos básicos tais como quadrados, retângulos, círculos etc, quanto carimbos pré-definidos sobre um tema (Figura 1). É um software desenvolvido dentro da noção de programação por objetos (componentes básicos e carimbos).

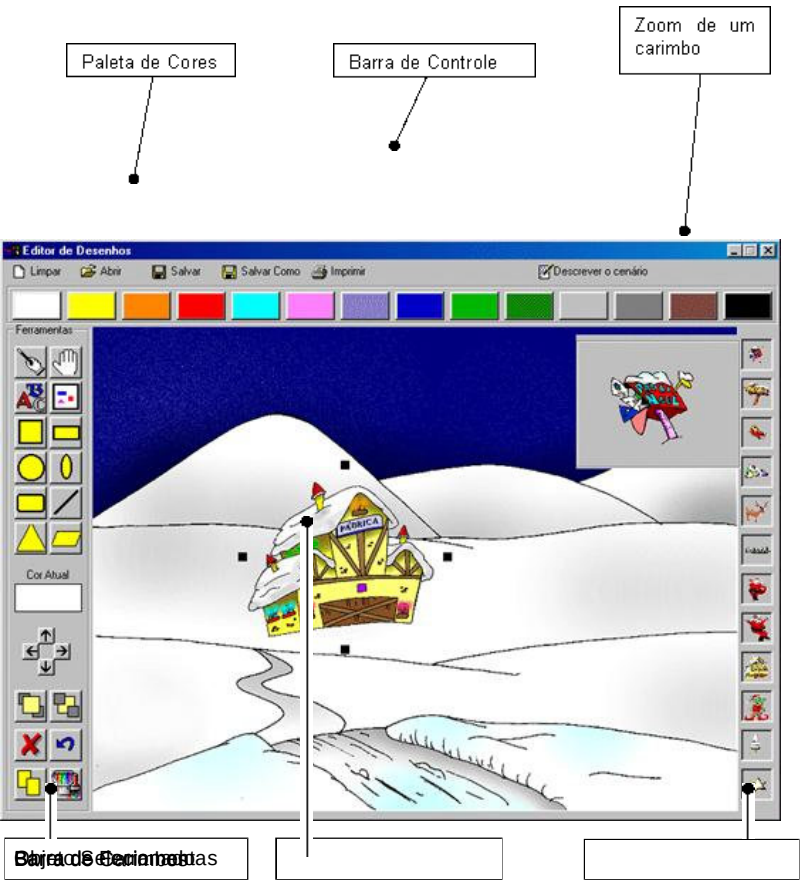


Figura 1 – Exemplo de aula utilizando o EdCen

O **EdCen** possui vários controles, ferramentas e funções que são distribuídas por entre as Barras de Controle (Figura2 no alto), Barra de Ferramentas (Figura 2 à esquerda), Barra de Carimbos (Figura 2 à direita), e Paleta de Cores (Figura 2 embaixo).

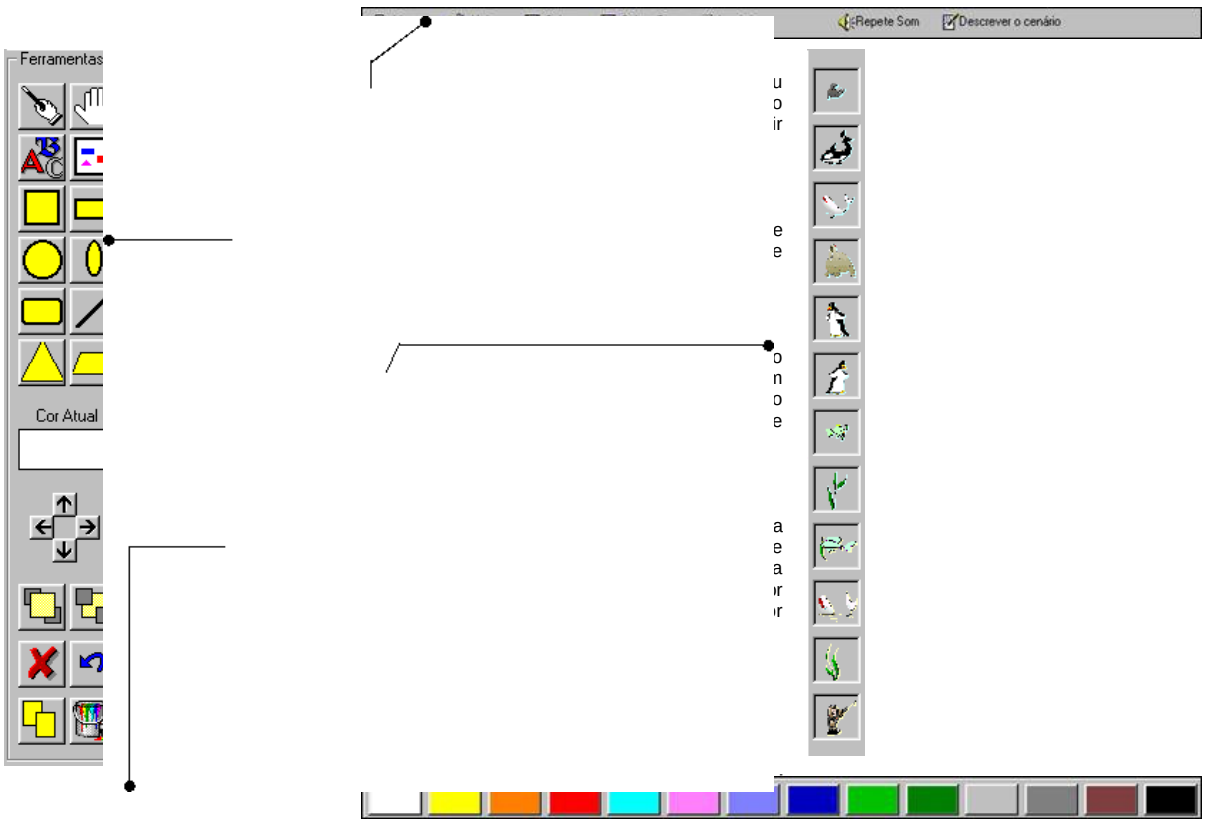


Figura 2– Componentes do Editor de Desenho

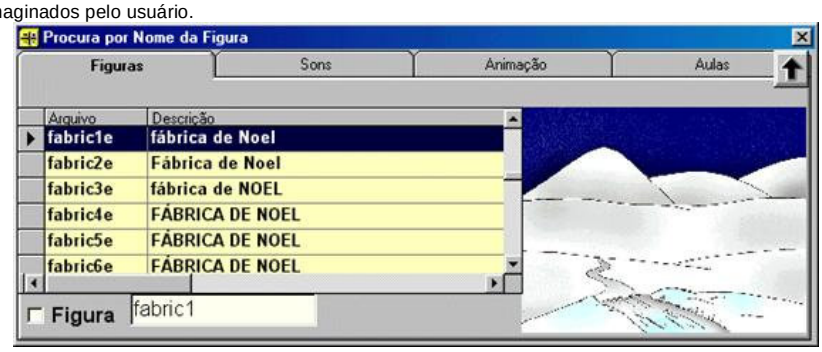
O **EdCen** é um software bastante versátil, que permite utilizá-lo como:

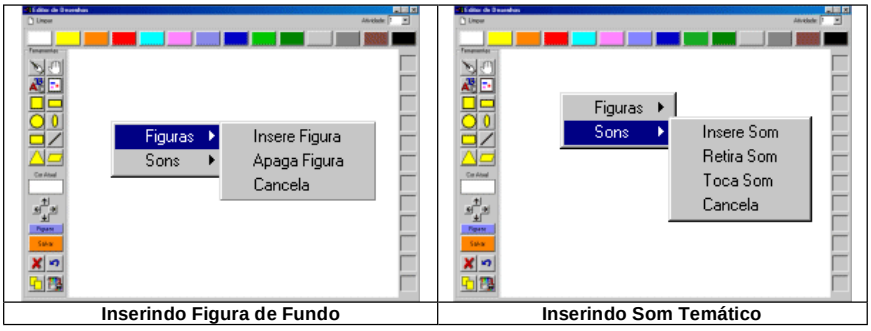
1. Um gerador comum de desenhos a partir de suas ferramentas básicas, ou,
2. Um gerador de cenários sobre um tema definido, com a utilização de:

- **Carimbos,** ou seja, desenhos pré-definidos de componentes de possíveis cenários sobre esse tema, e,
- **Figuras de fundo** que caracterizem esses possíveis cenários.

Como um editor de cenários, o **EdCen** possui dois módulos distintos:

- **Montagem:** para definir a figura de fundo e carimbos a partir de uma base desenhos predefinidos, que podem ser utilizadas para exploração da criação de cenários sobre o tema escolhido, e,
- **Execução:** para criação dos cenários imaginados pelo usuário.





Inserindo Figura de Fundo	Inserindo Som Temático

Figura 3 – Inserção de uma figura de fundo e som temático

2.2 – Montagem

O uso do **EdCen** como um editor de cenários exige a criação prévia de uma base de desenhos que comporão os carimbos e figuras de fundo a serem utilizadas na criação de cenários pelos usuários e sons (**som temático**) que introduzem temas. Os desenhos e sons a serem utilizados devem ser registrados em uma biblioteca, que se constitui de uma base de dados sobre esses desenhos ou sons na estrutura Access ou Oracle. Na sua versão atual o **EdCen** compartilha a biblioteca multimídia do sistema ENSCER® (Enscer 2000), que possui uma biblioteca de aproximadamente dez mil figuras e quatro mil e quinhentos sons. Para manuseio da biblioteca multimídia criou-se o aplicativo **Pesquisa** (Figura 4)**.**

O aplicativo Pesquisa possui mecanismos de procura pelo nome ou pela descrição das figuras ou sons, já que todas as figuras e sons cadastrados no sistema, devem possuir um nome e uma descrição. No caso das figuras ele permite a visualização das mesmas e dos sons ele permite tocar o som para ouvir seu conteúdo.

Para inserir uma figura de fundo ou um som inicial, deve-se primeiro seleciona-lo no aplicativo Pesquisa, que copiará o nome da figura ou som para o clipboard e ao clicar na tela do **EdCen** com o botão direito do mouse, surgirá um menu flutuante com as opções Figuras e Sons, e através destas opções pode-se inserir ou retirar uma figura de fundo, ou inserir, retirar ou tocar um som temático (Figura 3).

A inserção de carimbos se faz identificando-os com o aplicativo Pesquisa, e clicando-se com o botão da direita do mouse sobre uma das células da barra de carimbos (Figura 4).

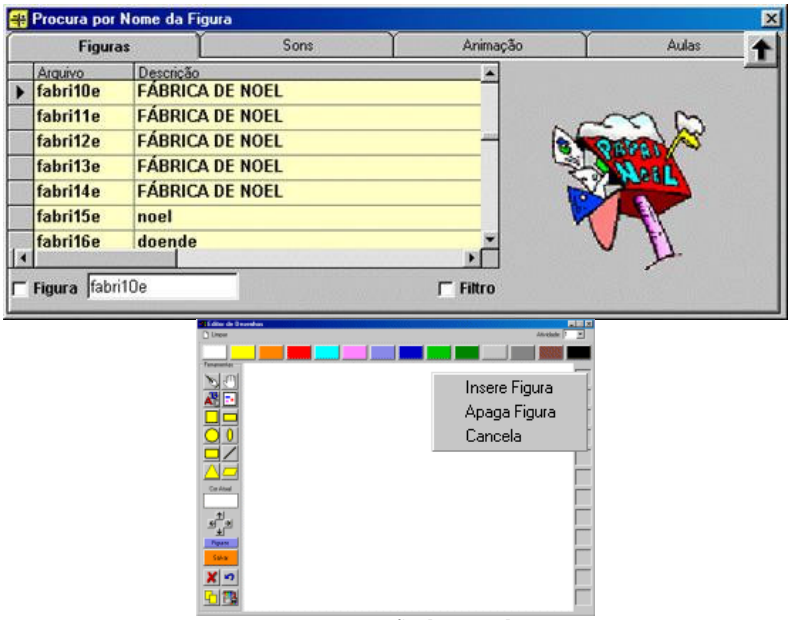


Figura 4– Inserção de Carimbos.

2.3 – Execução

O **EdCen** possui duas formas de execução:

1. Modo iniciante:

- Seleciona-se o carimbo desejado, clicando-se com o botão da esquerda do mouse sobre o desenho escolhido,
- Deslocando o mouse até o local do cenário onde se deseja inserir o carimbo e,
- Clica-se o botão da esquerda. O objeto será incluído com um tamanho pré-definido com o centro do objeto no local do clique.
- Opcionalmente, este objeto é livre para ser redimensionado ou movido, utilizando os botões selecionar e mover descritos anteriormente.

2. Modo avançado (Figura 5):

Os dois primeiros procedimentos iniciais são semelhantes, porém:

- O primeiro clique do botão da esquerda sobre o cenário, fixa a posição inicial da esquerda e do topo do objeto,
- Em seguida, deve-se arrastar o mouse para redimensionar o objeto e,
- Finalmente clica-se novamente o botão da esquerda para fixar a o tamanho escolhido do objeto.

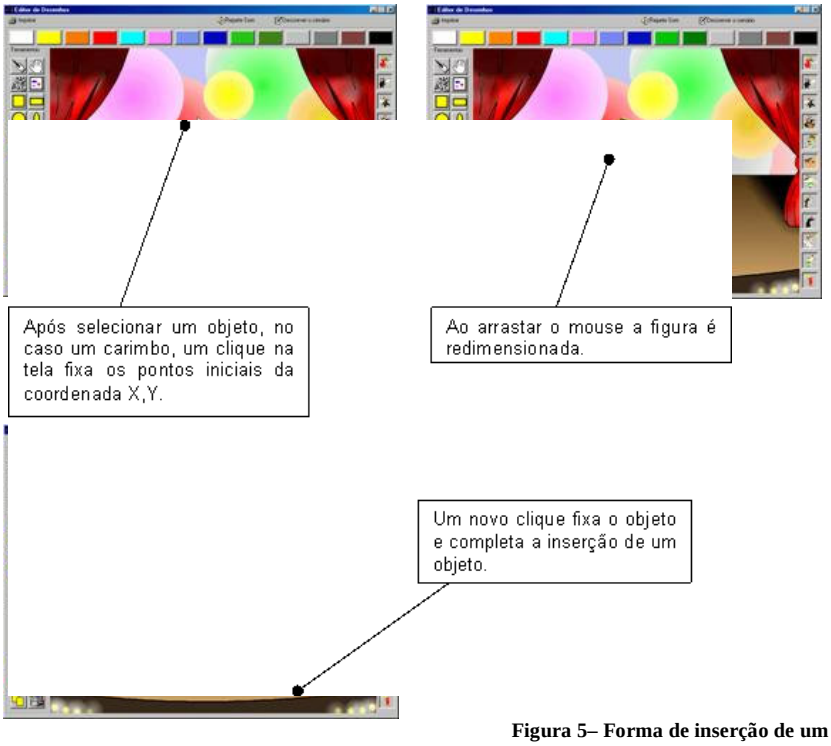


Figura 5– Forma de inserção de um objeto no modo avançado.

2.4 – Linguagem

2.4.1 - Som para definir tema

Foi também implementado no **EdCen** a possibilidade de tocar um som que possa definir o tema a ser utilizado para composição de cenário.

A associação de um som ao desenho nos permite investigar a relação da codificação verbal(som) com a visual(montagem de um cenário). Este som pode conter, por exemplo, uma instrução para a montagem de um cenário e é tocado quando o **EdCen** for inicializado, ou repetido sempre que o usuário desejar. Para isso basta clicar no botão Repete Som na barra de Controle (Figura 2).

2.4.2 - Edição de texto

Ao final da composição do cenário, o usuário poderá utilizar um editor de texto simplificado para descrever ou criar uma história associada ao cenário composto. Esse editor é ativado a partir do botão “Descrever o Cenário” na Barra de Controle(Figura 2). O **EdCen** abrirá uma tela como mostrada na figura 6, para que o indivíduo digite o texto que deseja criar.

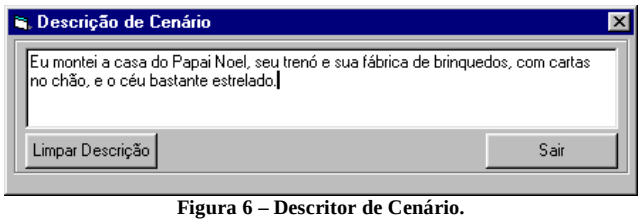


Figura 6 – Descritor de Cenário.

2.5 - Bases de dados associadas

O **EdCen** utiliza duas bases de dados:

1. **Base de Cenários:** Uma base de dados relacional é usada para armazenar os dados referentes à figura de fundo, som temático e carimbos que definem cada um dos cenários que serão estudados.

2. **Base de Usuários:** Uma base de dados relacional que armazena os dados das instanciações dos usuários, isto é, além da figura de fundo e som temático, também os objetos usados pelos usuários para a construção do cenário. Além do nome dos objetos são armazenadas também informações sobre o tipo do objeto, coordenadas da posição, cor, conteúdo no caso do objeto texto, etc. Esta base de dados também permite organizar usuários em grupos de acordo com o protocolo experimental a ser desenvolvido.

2.6 - Interação do EdCen com outros softwares.

O **EdCen** pode ser ativado de duas formas distintas, passando via linha de comando o código da aula que deve ser aberta, ou passando o nome de um arquivo que contenha uma cadeia de caracteres com a atividade a ser aberta.

Exemplo: **h:\exe\Desenho.exe /AU:2059 /AL:25** ou
h:\exe\Desenho.exe /Str:h:\aulas\aula1.tmp /AL:25

Onde: **h:\exe\Desenho.exe** é o caminho onde está o **EdCen**
/AL:25 indica ao **EdCen** para selecionar o aluno 25 da base de dados de Alunos.

E no Primeiro Exemplo: **/AU:2059,** significa que deve ser aberta a atividade 2059 da base de Dados de Cenários.

E no Segundo Exemplo: **/Str:h:\aulas\aula1.tmp** indica que deve ser carregada a atividade que está no arquivo **h:\aulas\aula1.tmp** e não é necessária a abertura da base de dados de cenários.

Isso é possível porque o **EdCen** após ler a atividade da base de cenários ou do conteúdo de um arquivo, carrega a atividade para uma matriz de objetos funcionando então da mesma forma.

3- Visualizador e manuseador de desenhos criados pelo usuário

O Visualizador e Manipulador de Desenhos (**VMD**) é uma ferramenta que foi desenvolvida para visualização, classificação e análise dos cenários criados pelos usuários. Para isso disponibiliza as ferramentas:

- Filtros;
- Promediação;
- Relatórios.

3.1 - Filtros

A configuração padrão do **VMD** mostra todos os desenhos e descrições feitas por todos os indivíduos e possui três tipos de filtros que podem refinar a análise dos cenários.

As filtragens podem ser feitas por grupo, qualidade do desenho ou qualidade da descrição (Figura 7) e funcionam da seguinte maneira:

- ***Filtragem por grupo usuário***

Quando um desenho é feito no **EdCen**, é informado o código do indivíduo e o grupo experimental que ele pertence e essas informações são gravadas na base de dados Usuário.

O filtragem por Grupos é feita a partir do combo “Grupo” que se encontra na barra superiora do Visualizador de Desenhos (Figura 7) e nele estão todos os grupos utilizados e a opção “Todos”. Quando um grupo é selecionado neste combo, a base de dados é filtrada, ou seja, só é mostrado os desenhos dos indivíduos que pertencem ao grupo escolhido e caso tenha sido escolhida a opção “Todas”, a base de dados de desenhos aparece de forma integral.

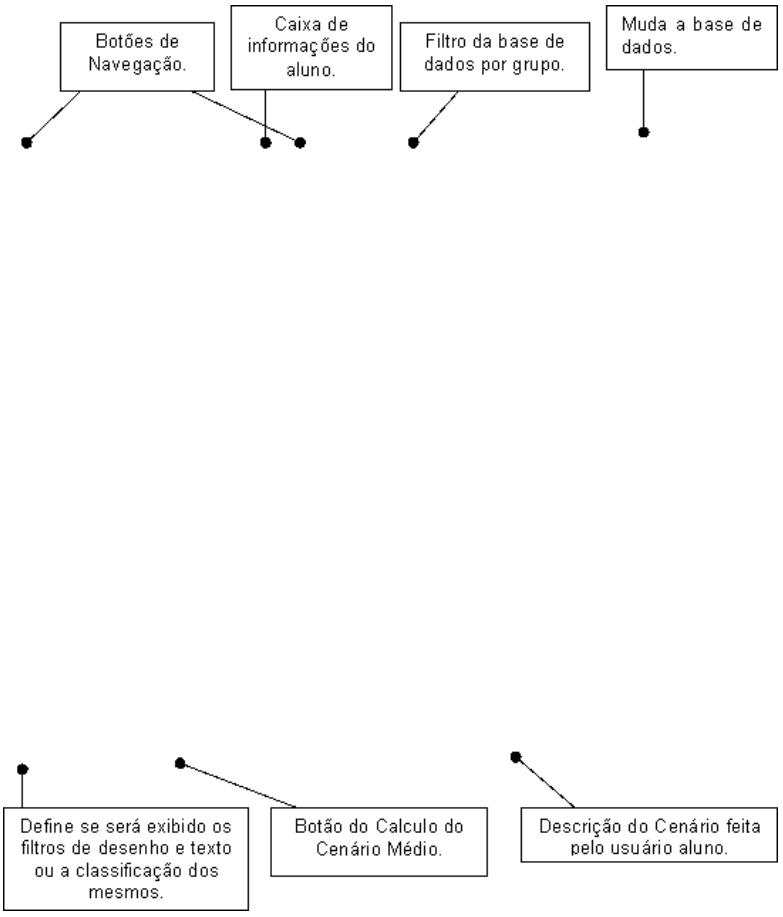


Figura 7– Visualizador de Desenhos.

- ***Filtragem por desenho e descrição***

Antes de utilizar estes filtros, os desenhos e os textos devem ser classificados. Essa classificação também é guardada em base de dados, portanto uma vez que cada cenário tenha sido classificado é possível utilizar estes filtros.

Para se classificar um desenho, basta clicar no Check Box "Classificar" que aparecerá no canto inferior esquerdo do Visualizador de Desenhos a tela mostrada na Figura 8. Para classificar um desenho ou um texto, clica-se sobre um dos botões de classificação (Figura 8) que se encontram à direita das caixas de texto e então surge uma lista com as possíveis classificações: "Bom", "Médio" ou "Ruim". Ao selecionar uma opção automaticamente a classificação é gravada.

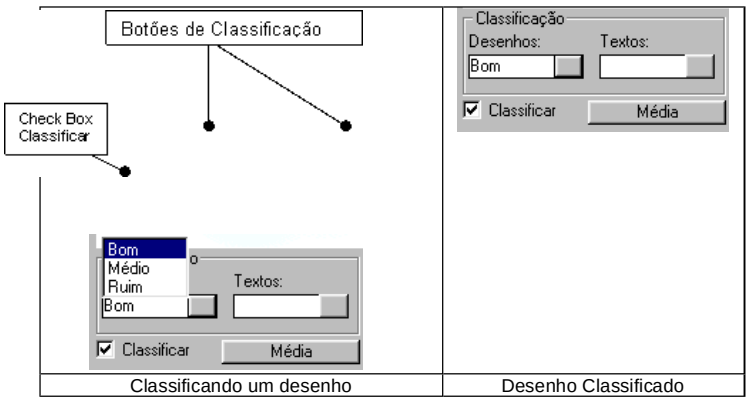


Figura 8 – Classificação de Desenhos.

Feita a classificação é possível filtrar a base de dados por uma categoria de desenhos e/ou descrições. Os filtros podem ser aplicados separadamente ou juntos, conforme a necessidade.

Para se aplicar um filtro, é necessário que o Check Box Classificar não esteja selecionado e então é só clicar no combo de classificação (Figura 9) que será aberta uma lista com os possíveis filtros.

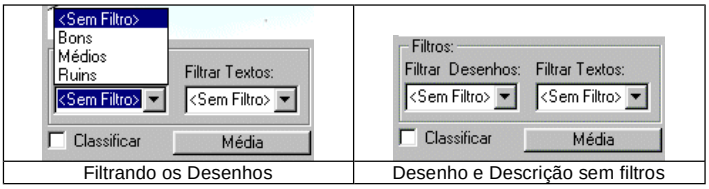


Figura 9 – Filtragem de Desenhos por classificação de Desenhos ou Textos.

3.2 - Promediação

Um dos recursos do **VMD** é gerar o cenário médio de um grupo, que será composto dos objetos mais freqüentes e suas coordenadas médias.

O cenário médio é obtido da seguinte forma:

- Calcula-se para cada usuário, a média das posições e tamanhos do mesmo carimbo que por ventura tenha sido utilizado mais de uma vez;
- A partir da média de cada usuário, calculada-se as coordenadas médias de todos os objetos utilizados pelo grupo;
- Calcula-se a freqüência de uso dos objetos no grupo, e finalmente,
- Elimina-se da lista os objetos que tenham uma freqüência inferior ao limite de corte definido para análise.

A definição do cenário a processar e das condições de corte de freqüência é especificada a partir do botão “Média”, que ativa o formulário mostrado na Figura 7. Escolhe-se o cenário a analisar e define-se o limiar de corte. Finalmente, inicia-se a análise pressionando o botão “Calcular”. Para abortar a análise utiliza-se o botão “Sair”.

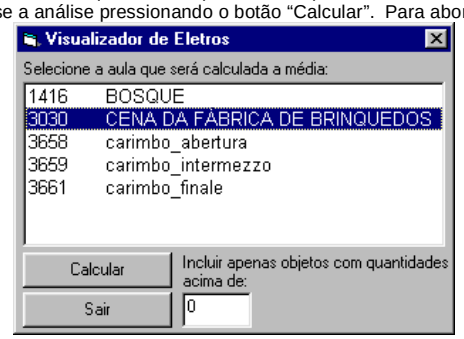


Figura 10 – Selecionador de aula para calculo da imagem média.

3.3 - Relatórios

Após o cálculo do cenário médio, o **VMD** disponibiliza na barra superiora os botões, as funções:

- **Mostra Relatório:** mostra na tela um relatório (Figura 11) contendo o número de aulas, carimbos, posição média de cada carimbo, etc.
- **Lista Filtro:** gera o arquivo “Lista.txt”, contendo o código dos desenhos dos alunos que entraram no calculo da média.
- **Edita Média:** ativa o **EdCen** para que o cenário médio possa ser editado para uma melhor visualização.

Figura 11 – Exemplo de um cenário médio.

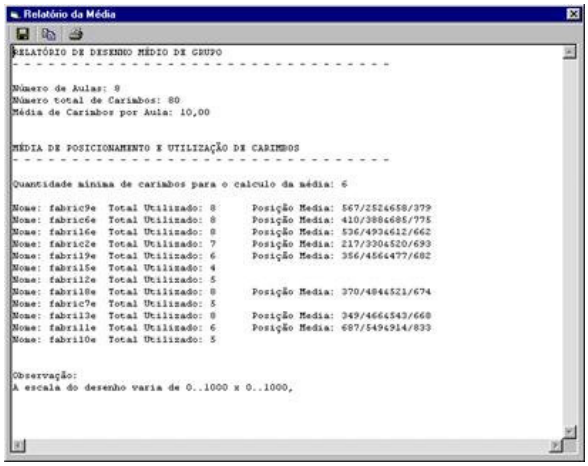


Figura 12– Relatório Gerado pela calculo da Cena Média da Figura 11.

Como se pode observar no relatório acima, só é calculada a posição média dos carimbos com a quantidade mínima de ocorrências igual a 6.

Figura 13 – EdCen editando um cenário médio.

Muitas vezes, os objetos do cenário médio podem ser sobrepostos como decorrência da promediação de suas coordenadas e de seus tamanhos. A ativação do **EdCen** permite alterar a ordem dos carimbos através dos botões "Trazer para Frente" e "Enviar para Traz", ou até mesmo fazer pequenas alterações no posicionamento de um carimbo do cenário, para melhorar sua visualização.

No caso da Figura 11 por exemplo, a imagem ficaria muito melhor se houvesse uma troca de ordem dos carimbos do Papai Noel com a Rena, pois desta forma o Papai Noel ficaria em cima do Trenó e a Rena na frente por isso a necessidade de se chamar o **EdCen** para se editar a cena média (Figura 13).

4 - Utilização do EdCen juntamente com a aquisição do EEG

4.1 – O mapeamento cerebral

Devido ao sucesso do Projeto ENSCER, e aos excelentes resultados obtidos em pesquisas de análise do eletroencefalograma a partir da utilização de jogos do sistema ENSCER, o Editor de Desenho foi desenvolvido pensando nessa possibilidade de interação.

A eletroencefalografia (EEG) é uma técnica não invasiva para registro da atividade elétrica cerebral, através de eletrodos colocados sobre o couro cabeludo do indivíduo (Figura). Inúmeros trabalhos tem correlacionado a atividade cerebral assim registrada com a função cognitiva (e.g., King e Kutas, 1998; Klimesch, 1999; Kong et al., 1999; Rocha, 1990; Rocha et al, 1999; Wilson et al, 1999).

A atividade elétrica cerebral associada a uma tarefa cognitiva pode ser estudada através da técnica da Atividade Relacionada a Eventos (ARE). A atividade elétrica cerebral registrada antes, durante ou após eventos associados à tarefa cognitiva, é promediada para todas as ocorrências desse evento durante o teste a que o indivíduo é submetido. Por exemplo, a atividade elétrica associada à apresentação de sons verbais, é promediada para todos os eventos de apresentação de informação verbal durante um teste de compreensão verbal. A análise dessa atividade promediada ou ARE permite o estudo dos mecanismos neurais envolvidos na realização da tarefa em estudo.

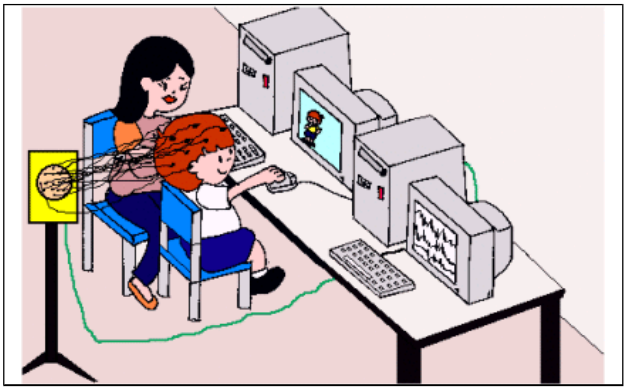


Figura 15 – O registro do EEG durante a execução de um jogo

Dessa maneira, por exemplo, mostrou-se que vários componentes do ARE refletem diferentes processamentos do material verbal (pe, Garret, 1995; Neville, 1995; Mehler and Crhistophe, 1995; Posner and Pavese, 1998). Componentes precoces que aparecem com uma latência menor que 200 ms, principalmente sobre áreas frontais, parecem relacionar-se melhor com a análise da estrutura sintática da frase, enquanto componentes mais tardios (latência maior ou igual a 400 ms) parecem refletir mais uma análise semântica e predominarem mais sobre regiões posteriores. Além disso, a ARE tem mostrado interações complexas entre os hemisférios esquerdo e direito (e.g., Rocha, 1990).

Mais recentemente, Rocha et. al, 1999 desenvolveram uma técnica de mapeamento cerebral a partir do estudo de AREs obtidas para as diversas derivações do EEG e associadas a eventos específicos de uma tarefa cognitiva. Esses autores mostraram que os MCCs evidenciam tanto as principais áreas envolvidas no processamento das diversas etapas de uma tarefa, como também as associações mais importantes que se estabelecem entre essas áreas durante cada uma dessas etapas.

4.1 - Aquisição do Eletro e Sistema de Marcas

Utiliza-se dois computadores (Figura 15) para a obtenção dos MCCs: um deles para a aquisição e registro dos sinais eletroencefalográficos e o outro para apresentação dos jogos. Os dois computadores operaram em rede, de modo a permitir a sincronização da aquisição do EEG com os eventos associados às distintas fases dos jogos. Utilizou-se o sistema 10/20 para colocação dos eletrodos, e a aquisição do EEG foi feita a uma freqüência de 256 Hz e com uma precisão de 10 bits.

Para que se possa calcular a promediação do teste, o jogo que estiver sendo executado deve salvar num arquivo, todos os eventos que devem ser analisados e que o indivíduo realizou durante o teste. Desta forma, como o micro responsável pela aquisição do EEG e o micro em que está sendo rodada a atividade estão sincronizados é possível comparar a partir da marca gerada pelo programa, a atividade elétrica cerebral durante eventos associados à tarefa cognitiva. Esse arquivo é chamado de "Arquivo de Marcas".

A seguir é apresentado o exemplo de um arquivo de marcas (Figura 16):

Exemplo de um arquivo de Marcas:

Hora em que a marca foi gerada.

15:31:00.480	0
15:31:11.910	1
15:31:14.440	2
15:31:30.530	2
15:31:37.180	20
15:31:49.530	4
15:31:52.110	10
15:31:53.270	20
15:32:01.890	99

Código da marca.

Figura 16 – Arquivo de Marcas

O **EdCen** é capaz de gerar marcas a partir de determinados eventos permitindo desta forma que seja estudada as áreas de ativação cerebral de um indivíduo quando este desenvolve desenhos.

Para isso foram criados aulas com diversos temas diferentes que serão aplicados junto ao eletro, como a construção de desenhos livres, montagem de cenas com o uso de carimbos com e sem uma imagem de fundo pré-definida, jogos de liga-pontos, etc.

Quando o **EdCen** está sendo utilizado para a aplicação de um EEG, quando é tocado o som inicial, ou cada vez que é ativado o botão “Repete Som”, é gerada uma marca, permitindo uma análise do comportamento cerebral no momento em que um indivíduo recebe instruções para montagem de um determinado cenário.

Quando o **EdCen** está sendo utilizado para a aplicação de um EEG, a partir do momento em que o Descritor de Cenário é chamado, a cada dois segundos é gerada uma marca, permitindo uma análise do comportamento cerebral no momento em que um indivíduo descreve verbalmente uma cena por ele criada.

A tabela a seguir mostra os eventos que geram marcas e seus respectivos códigos.

Evento	Código da Marca
Inicio da Atividade	0
Seleção de algum objeto forma	1
Seleção de algum objeto carimbo	2
Seleção de um texto	3
Clique em algum botão de mudança de cor	4
Clique no botão “Selecionar”	5
Clique no botão “Mover Objeto”	6
Clique no botão “Excluir”	7
Clique no botão “Voltar Objeto Excluído”	8
Clique no botão “Duplicar Objeto”	9
Clique no botão “Balde”	10
Clique no botão “Muda Cor Fundo”	11
Rotacionar um objeto para a direita	12
Rotacionar um objeto para a esquerda	13
Rotacionar um objeto para cima	14
Rotacionar um objeto para baixo	15
Redimensionar um objeto selecionado	16
Clique no fundo do desenho.	20
Inclusão de um texto descritivo do desenho(usado no eletro).	30
Termino da atividade.	99

Cada uma desses eventos gerada durante a aquisição do eletro é gravada no Arquivo de Marcas do jogo.

5 - Protocolo Experimental

Um grupo de 21 adultos, com nível de escolaridade médio ou superior, teve o eletroencefalograma registrado enquanto realizava as seguintes tarefas:

- Ouvia um texto gravado de uma história de humor escrita por L. F. Veríssimo;
- Compunha um cenário sobre o episódio da história considerado mais engraçado, e,
- Compunha um cenário sobre o tema natalino Fábrica de Brinquedos.

O texto aqui utilizado foi o mesmo empregado por Rocha et al, 2001a para estudar a influência da ilustração dos episódios sobre a decodificação verbal e a atividade cerebral. A figura de fundo e os carimbos disponibilizados para composição do cenário do episódio engraçado são mostrados na Figura 18. A seleção dos carimbos foi definida em função de resultados obtidos preliminarmente, com um grupo de voluntários que ouviram o texto e selecionaram um conjunto de 12 ilustrações entre todas as disponíveis sobre o texto e utilizadas por Rocha et al, 2001a. Esse grupo de indivíduos não participou da presente fase de investigação.

A figura de fundo e os carimbos disponibilizados para composição de um cenário sobre uma Fábrica de Brinquedos do Papai Noel no Polo Norte, são mostrados na Figura 17 e foram produzidos pelo mesmo desenhista profissional que ilustrou o texto utilizado.

Figura 17 - Figura de Fundo e Carimbos da atividade Fábrica de Brinquedos

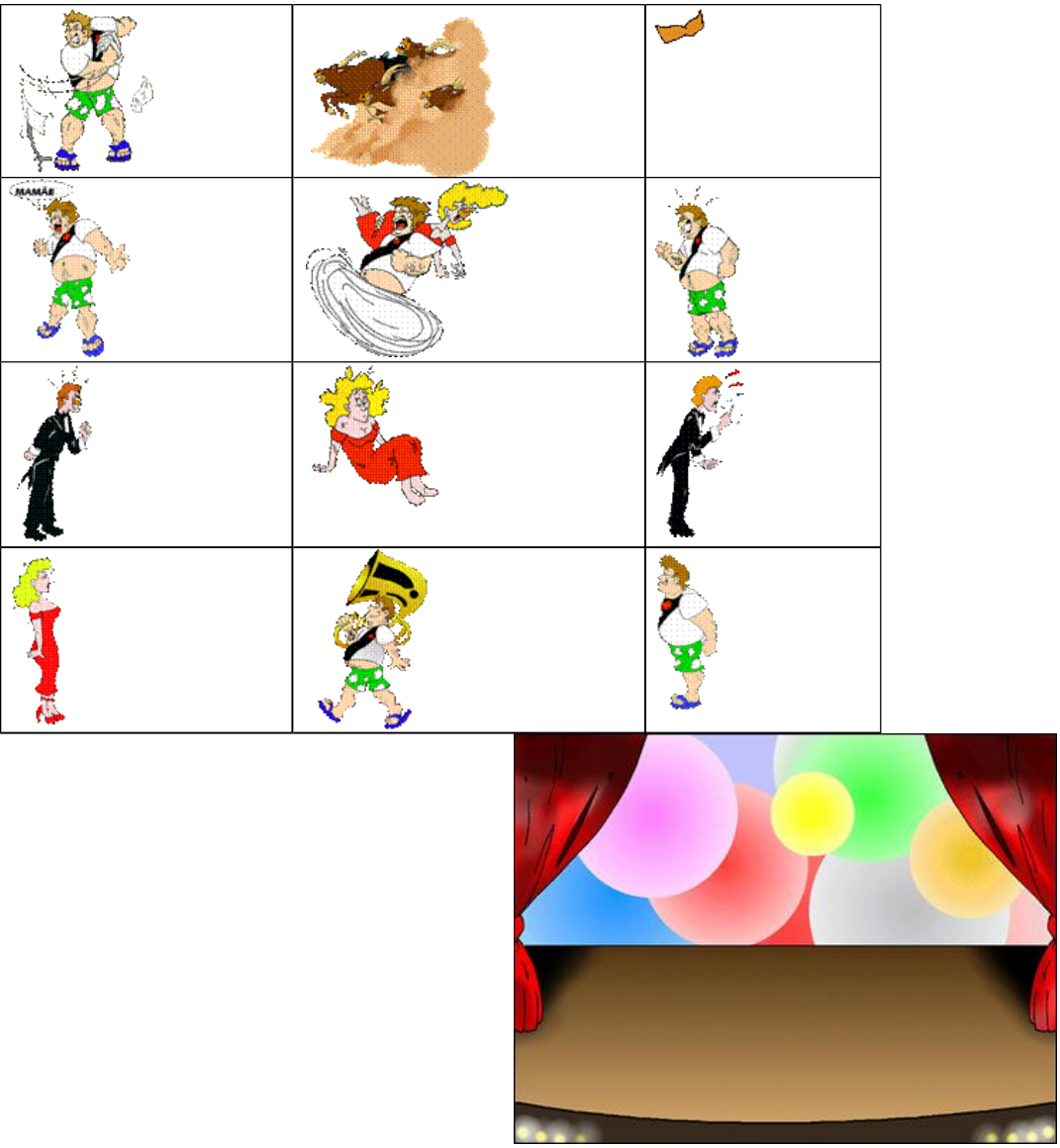


Figura 18 - Carimbos e Figura de Fundo da atividade Carimbo Finale

O objetivo de utilizar os dois cenários foi o de possibilitar a investigação da atividade elétrica na criação de imagens visuais a partir de informações verbais sobre o assunto (texto humorístico) ou a partir de uma criação expontânea sobre um tema popular.

Dois grupos de crianças:

1. Grupo A – 11 crianças com QI menor que 70 nos testes Stanford-Binet ou WISC, freqüentando a primeira série da alfabetização na APAE de Jundiaí, e,

2. Grupo B – 9 crianças deficientes auditivas, alunos da APAE de Itatiba e com vários graus de escolaridade;

Criaram cenários sobre o tema Fábrica de Brinquedos enquanto seu eletroencefalograma era registrado. Como parte dessas crianças não estão alfabetizadas, solicitou-se que descrevessem verbalmente ou por sinais o cenário construído. Porém nesse caso, não foi possível obter o MCC associado a essa descrição por falta de um sinal de sincronização, para processamento do EEG.

O objetivo desse estudo foi verificar as condições de relacionamento entre o sistema verbal e visual em grupos de crianças com necessidades especiais de educação

O procedimento de registro e análise do EEG foi o mesmo que tem sido utilizado por Rocha, 1999 e Rocha et al, 2001 a,b. Detalhes sobre a metodologia podem ser consultados também no endereço www.enscer.com.br/enscer/eeg .

6 - Resultados

6-1 Adultos

Os cenários da Figura 19 são a média original e a cena manipulada para a construção de cenários para o episódio mais engraçado da história ouvida. A cena original foi obtida com os carimbos utilizados por mais de 50% dos usuários e a cena modificada foi obtida com a seguintes alterações:

- Deslocamento do vascaíno carregando a mulher e a manada de bois para a esquerda;
- Deslocamento do vascaíno gritando para a direita;
- Leve deslocamento do vascaíno com o tuba para a direita;

Verifica-se, portanto, que a reconstrução do cenário orientado pela história ouvida, envolve poucas modificações de posição espacial dos carimbos utilizados por mais de 50% dos usuários.

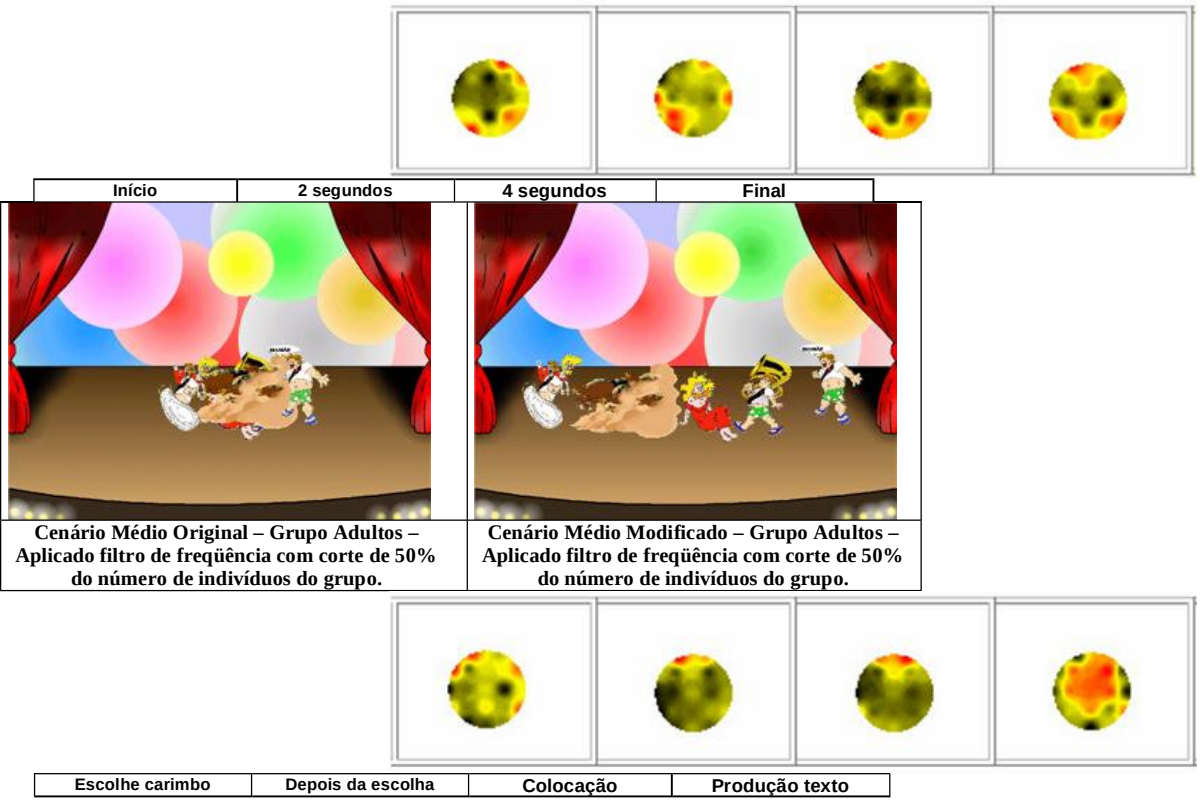


Figura 19 – Cenas Médias e EEG processado. História - Adultos

Os MCCs para a decodificação da história é mostrada na Figura 19, para o dois segundos de que seguiram ao início da apresentação e para marcas após 2 e 4 segundos desse início e para os dois segundos que precederam o final do texto falado.

O processamento do texto ouvido foi acompanhado por um importante recrutamento de neurônios a nível de T3; T5; P3, O1; P4 eT6, bem como teve a participação de neurônios em FP2, FP1, F8 e FZ. A maioria desses neurônios tiveram participação importante em todos os momentos do processamento dos textos.

Os Mapas Cerebrais (MCCs) médios associados a essas cenas médias são mostrados na Figura 19, e foram calculados para os seguintes eventos: antes e após escolha do carimbo, sua colocação na cena, e para antes e depois das marcas inseridas automaticamente a cada 2 segundos durante a digitação do texto.

A construção do cenário envolveu uma participação importante de neurônios em F6, FP1, T5, F8, F4, T6 e PZ antes da escolha do carimbo a ser utilizado e de FP1, FP2 e FZ após a escolha e antes da colocação do carimbo no cenário. Finalmente, a produção do texto descritivo foi acompanhada por um recrutamento de neurônios em F3, C3, FZ, CZ, C4, F4, FP2, PZ e T6.

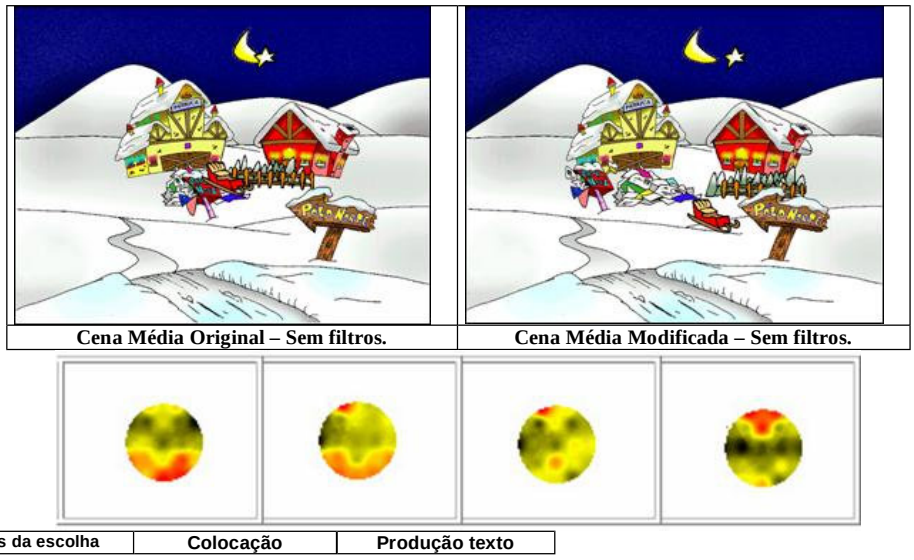


Figura 20 – Cenas Médias e EEG processado – Fábrica de Brinquedos - Adultos

O cenário médio para o tema Fábrica de Brinquedos é bem estruturado, e praticamente não precisou de filtragens nem de manipulação (Figura 20). Os cenários da Figura são a média original e a cena manipulada, com a seguintes modificações feitas no **EdCen**:

- A estrela foi deslocada para a direita;
- A caixa de correio foi deslocada para a esquerda;

- O trenó foi deslocado para frente;
- Os arbustos e a cerca foram deslocadas para a direita.

Como já foi mencionado anteriormente essas manipulações melhoram a visualização da cena, mas não introduzem alterações sensíveis nas relações entre objetos. São fundamentalmente, correções de distâncias entre os elementos da cena média.

A utilização de objetos que tenham sido utilizados por mais de 50% dos usuários elimina o conjunto de cartas e resulta num cenário que não requer nenhum ajuste. Esses dados em conjunto, mostram que a reconstrução do cenário foi homogênea e muito coerente entre os usuários.

A construção do cenário envolveu uma participação importante de neurônios em F6, FP1, T5, F8, F4, T6 e PZ antes da escolha do carimbo a ser utilizado e de FP1, FP2 e FZ após a escolha e antes da colocação do carimbo no cenário. Finalmente, a produção do texto descritivo foi acompanhada por um recrutamento de neurônios em F3, C3, FZ, CZ, C4, F4, FP2, PZ e T6.

6.2 - Grupo de Deficientes Mentais

A Figura 21 mostra os resultados obtidos para a tarefa Fábrica de Brinquedos com as crianças deficientes mentais. A Cena Média Modificada foi obtida com as seguintes modificações:

- A casa foi deslocada para a esquerda;
- Foram modificados a ordem da rena, trenó e Papai Noel;
- A árvore foi deslocada para cima;
- O duende foi deslocado para a direita;
- Foi alterada a ordem dos arbustos, o monte de cartas e a placa de sinalização.

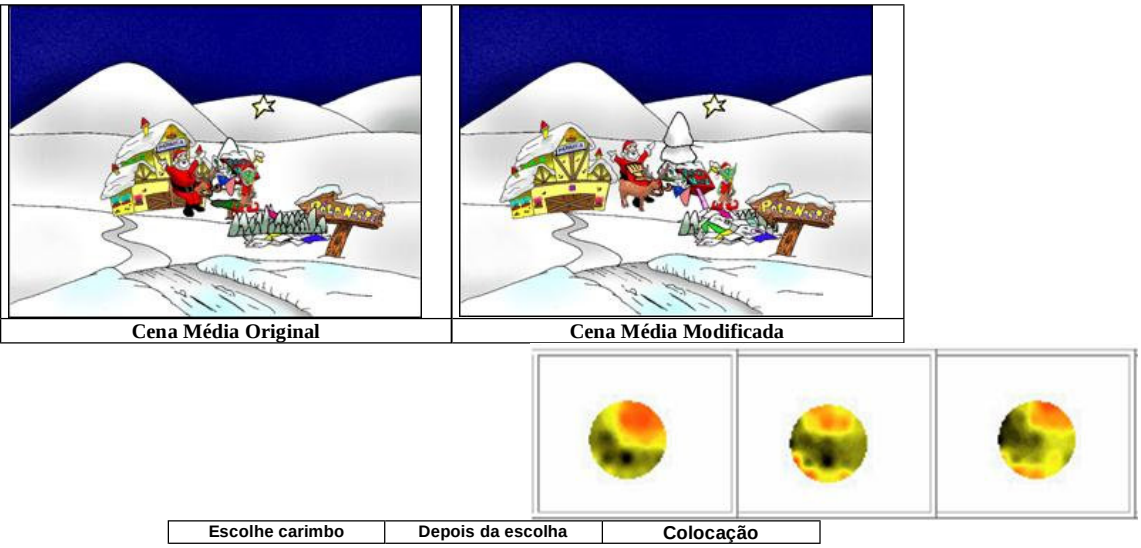


Figura 21 – Cenas Médias e EEG Processado. Fábrica de Brinquedos – Crianças do Grupo A

A escolha do carimbo nessa população de crianças foi decorrência de um recrutamento intenso de neurônios nas porções anteriores do hemisfério direito. Essa escolha foi sucedida por uma atividade cerebral organizada a partir de F4, FZ e FP1, com a participação de T5 ,O1 e O2. Finalmente, a colocação do carimbo envolveu a ação de neurônios das porções anteriores do hemisfério direito e de neurônios posteriores, principalmente OZ e O1.

6.3 - Grupo de Deficientes Auditivos

A Figura 22 mostra os resultados da tarefa Fábrica de Brinquedos para o grupo de deficientes auditivos. A Cena Média Modificada foi obtida com as seguintes alterações:

- A casa vermelha foi deslocada para a direita;
- Foram trocados a ordem da árvore com o trenó;
- A placa de sinalização foi deslocada para baixo.

Os MCCs mostram uma participação intensa do hemisfério esquerdo na escolha e colocação do carimbo, e uma ativação importante de T5, O1, OZ, O2 e T6, após a seleção do carimbo.

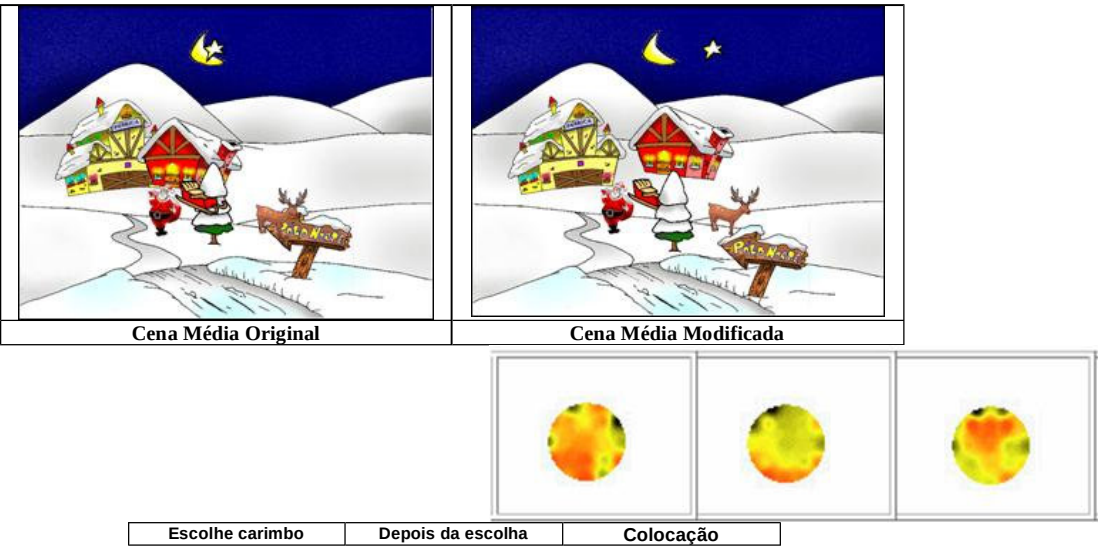


Figura 22 – Cenas Médias e EEG Processado. Fábrica de Brinquedos – Crianças do Grupo B

7 – Discussão

O editor de cenários **EdCen** criado como ferramenta para investigação das correlações entre os circuitos neurais para processamento da visão e linguagem se mostrou eficiente, tanto no que se diz respeito à versatilidade de sua programação e utilização, como no que se refere ao seu acoplamento tanto com o **ENSCER® -** software educativo utilizado no laboratório para investigação cognitiva, como com o **WinMap® -** software desenvolvido pela Meditron para aquisição do EEG.

Os cenário médios obtidos com os carimbos utilizados por mais de 50% dos usuários se mostraram bastante coerentes para todas as tarefas e grupos experimentais, uma vez pequenos ajustes de coordenadas foram utilizados para melhorar a visualização da cena.

O cenário da tarefa Fábrica de Brinquedos foi bastante homogêneo para todos os grupos, pois em todos eles envolveu a utilização dos carimbos: casas, papai noel, rena, trenó, estrela e placa indicativa, e adicionalmente em pelo menos dois grupos, os carimbos de arvore, caixa postal, lua e cartas.

A homogeneidade dos cenários construídos também foi acompanhada de um padrão de ativação cortical comum a todos os grupos, uma vez que os MCCs mostraram uma ativação do polo posterior do cérebro, que envolveu, pelos menos em uma das etapas do jogo e em todos os grupos, o recrutamento de neurônios em O1, O2,OZ e T5, além de P4 ou P3 e T6.

Apesar dessa ativação comum de áreas visuais posteriores, os diversos grupos diferiram em no recrutamento de neurônios do polo cerebral anterior. Os adultos utilizaram fundamentalmente neurônios monitorados pelos eletrodos FP1, FP2 e FZ, para a escolha e colocação do carimbo. A crianças do grupo A, utilizaram durante essas mesmas tarefas, principalmente neurônios localizados no lobo frontal direito, enquanto que as crianças do grupo B parecem ter recrutado neurônios predominantemente em F3, F4,CZ, FZ e C3.

O processo de imaginação visual parece ser um processo nos quais neurônios do polo anterior controlariam células de processamento visual localizadas mais posteriormente nos lobos temporais e occipitais (Kosslyn et al, 1999; Mellet et al, 2000; O'Craven, 2000;Raij, 1999; Bentin et al, 1999;Holcomb e McPherson, 1994;Paivio, 1986;Paivio, 1991;Perani et al, 1999; West e Holcomb, 2000). Parece que nos adultos, esses neurônios frontais se localizaram bem anteriormente (FP1 e FP2), enquanto que nas crianças do grupo A, predominaram no hemisfério direito. Rocha et al., 2001 chamaram a atenção para o fato de que as crianças mais novas tenderiam a ser mais visuais do que os adultos, o que explicaria esses achados. Mas não pode ser descartada a possibilidade de que essas diferenças possam ser também imputadas ao fato que o grupo A de crianças é composto de indivíduos com QI menor que 70, enquanto que o grupo de adultos é composto de indivíduos de QI acima de 80. Entretanto, Rocha, Leite e Menezes, 2001 tenham mostrado que talvez as diferenças entre crianças normais e deficientes mentais não sejam devidas a utilização de processos de raciocínio diferentes, mas apenas decorrentes de um tempo de processamento cerebral mais lento nas crianças de menor QI.

As crianças do grupo B, parecem ter utilizado um conjunto diferente de neurônios, que não envolveu células muito anteriores em FP1 ou FP2, como nos outros grupos. Isto talvez possa ser uma decorrência do fato de que esse grupo utiliza-se de uma linguagem de sinais para comunicação, que induz modificações de funcionamento do sistema visual (Bellugi et al, 1993, Ishai et al, 2000; Kanwisher et al, 1997; Maunsell et al, 1995; Nakamura et al, 2000; O'Craven et al, 2000; Riesenhuber et al, 1999; Young, 1995, Neville et al., 1997, Nishimura et al, 1999; Rocha, 2001, Söderfeldt et al, 1997)

Outro achado interessante do presente trabalho se refere às diferenças de ativação cerebral observada para o grupo de adultos, quando comparadas as tarefas Fábrica de Brinquedos e Cena Mais Engraçada da História. Esta cena foi composta de carimbos associados ao "vascaíno" que queria tocar tuba no concerto, sua relação com a violoncelista tomada como mãe froidiana e a manada de zebus que segundo o autor L. Veríssimo seria o gatilho do humor do texto. Isto é, este cenário médio também foi muito coerente com a história, pois ressaltou os elementos de humor pretendido pelo autor.

A compreensão do texto foi acompanhada por um recrutamento predominante de neurônios associados a circuitos visuais FP2, F8,T4, P4, T6, T5, P3, O1, OZ e O2 (Ishai et al, 2000; Kanwisher et al, 1997; Maunsell e Ferrera, 1995; Nakamura et al, 2000;O'Craven e Kanwisher, 2000;Riesenhuber e Poggio, 1999;Young, 1995). Parece que a compreensão do texto foi acompanhada de uma intensa atividade imaginativa visual, no qual neurônios em FP1, FP2 e F1 utilizaram a informação verbal para controlar o cortex posterior (neurônios temporo-parieto-occiptais) para visualizar o conto, como proposto por outros autores para processos imaginativos da informação verbal (Bentin et al, 1999; Holcomb e McPherson, 1994; Mellet et al, 2000; Paivio, 1986;Paivio, 1991;Perani et al, 1999; West e Holcomb, 2000) ou numérica (Jahanshasi et al, 2000), conforme proposto por Rocha et al, 2001. Aliás, o grupo de adultos aqui estudado é o mesmo utilizado por aqueles autores.

A história visualmente imaginada a partir da compreensão do texto, parece ter orientado todo o processamento a construção do cenário, pois ao contrário do observado para a tarefa Fábrica de Desenhos nos outros grupos, essa construção não foi acompanhada de um recrutamento importante de neurônios do polo posterior cerebral, mais sim devido ao um envolvimento predominante de neurônio em F7, FP1 e FP2, que poderiam estar associados a uma memorização (Brewer et al, 1998;Henson et al, 1999;Hopfinger et al, 2000;Kosslyn et al, 1999;McDermott et al, 2000) da história imaginada, que teria então orientado a escolha dos carimbos. A ativação dos circuitos visuais para processamento do cenário parece ter ocorrido durante a audição do texto, quando se observou o recrutamento de células do polo cerebral posterior, de modo que a construção do cenário deve ter decorrido da reativação dessas imagens visuais para a escolha dos carimbos, que teria sido coordenado pelo polo cerebral mais anterior, com neurônios em F7, FP1 e FP2.

Essa hipótese parece encontrar respaldo nas diferenças observadas para a ativação cerebral durante a descrição dos cenários, tanto Fábrica de Brinquedos como Cena Mais Engraçada. Enquanto que essa descrição envolveu predominantemente FP1, FZ e FP2 no caso da Fábrica de Brinquedos, ela parece ter decorrido, no caso da Cena Mais Engraçada, de uma intensa associação entre neurônios dos dois hemisférios que se distribuídos sob F3,C3, FP2,F4,C4,FZ,CZ,PZ, além de T6. No primeiro caso, poder-se-ia dizer que a descrição verbal

foi dirigida a partir de um processo de imaginação verbal coordenado a partir de uma memória visual. No segundo caso, poder-se-ia afirmar que o texto produzido foi dependente de uma adequação da informação verbal decodificada durante a audição, aos carimbos escolhidos a partir da imagem visual associada à decodificação verbal.

Essa interpretação encontraria apoio no tipo de texto mais freqüentemente produzido para cada uma das tarefas. No caso da tarefa Fábrica de Brinquedos, os textos são mais descritivos, como por exemplo:

"" *Eu imaginei uma fábrica de brinquedos onde mora o papai noel, com uma caixa de correios cheia de cartas e a seta indicando onde fica o lugar*".

Enquanto que no caso da Cena Mais Engraçada, eles são mais interpretativos, como por exemplo:

"Quando a confusâo é armada, e o bigode cai do rosto do violocelista e cai no rosto da moça achei muito legal pois o tubista maloquero confunde com a mâe que deve ser portuguesa... Gostei muito também quando eles estavam todos brigando e entrou no palco a coisa mais absurda que foi a manada de zebu."

transformando, algumas vezes a história original, dentro da linha que

"*quem conta um conto aumenta um ponto"*,

Os achados do presente trabalho e aqueles outro já desenvolvidos no grupo, mostram uma complexa relação entre os circuitos neurais para visão e linguagem, que variam com a idade e escolaridade, bem como com a capacidade cerebral do indivíduo. Esses resultados têm indicado que esta diversidade de operação cerebral deve ser levada em consideração no planejamento de metas e estratégias de ensino, principalmente, quando se tratar da Educação Infantil e Educação Fundamental.

8 – Referências

Bavelier D, Corina D, Jezzard P, Padmanabhan S, Clark VP, Karni A, Prinster A, Braun A, Lalwani A, Rauschecker JP, Turner R, Neville H. Sentence Reading: A Functional fMRI Study at 4 Tesla. Journal of Cognitive Neuroscience 1997;9:664-686.

Bellugi, U., H. Poizner and E. S. Klima. Language, Modality and the Brain, *in* Brain Development and Cognition. Blackwell Publishers Ltd, 1993.

Bentin S, Mouchetant-Rostaing Y, Giard MH, Echallier JF, Pernier J. ERP Manifestation of Processing Printed Words at Different Psycholinguistic Levels: Time Course and Scalp Distribution. Journal of Cognitive Neuroscience 1999;11:235-260.

Berkum JJA, Hagoort P, Brown CM. Semantic Integration in Sentences and Discourse: Evidence from the N400. Journal of Cognitive Neuroscience 1999;11:657-671.

Bhatnagar SC, Mandybur GT, Buckingham HW, Andy OJ. Language Representation in the Human Brain: Evidence from Cortical Mapping. Language and Brain 2000;74:238-259.

Brewer JB, Zhao Z, Desmond JE, Glover GH, Gabrieli JDE. Making Memories: Brain activity that predicts how well visual experience will be remembered. Science 1998;281:1158-1187.

Brown CM, Hagoort P, Keurs M. Electrophysiological Signatures of Visual Lexical Processing: Open- and Closed-Class Words. Journal of Cognitive Neuroscience 1999;11:261-281.

Cabeza R, Nyberg L. Imaging cognition: an empirical review of PET studies with normal subjects. Journal Cognitive Neuroscience 1997;9:1-26.

Cabeza R, Nyberg L. Imaging cognition II: an empirical review of 275 PET and fMRI studies. Journal Cognitive Neuroscience 2000;12:1-47.

Chugani, H. T. Metabolic Imaging: A window on brain development and plasticity. The Neuroscientist 1999; 5:29-40.

Cohen L, Dehaene S, Naccahe L, Lehéricy S, Dehaene-Lambertz G, Hénaff MA, Michel F. The visual word form area: Spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. Brain 2000;123:291-307.

Curtis CE, Zald DH, Pardo JV. Organization of working memory withing the human prefrontal cortex: a PET study of self-ordered object working memory. Neuropscycholgoia 2000;38:1503-1510.

Elias LJ, Bulman_Fleming MB, McManus IC. Visual temporal asymmetries are related to asymmetries in linguistic perception. Neuropsychologia 1999;37:1243-1249.

Epstein R, Kanwhiser N. A cortical representation of the local visual environment. Nature 1998;xxx:598-600.

ENSCER, Software Educativo; Eina – Estudos em Inteligência Natural e Artificial Ltda; www.enscer.com.br; 2000.

Federmeier KD, Segal JB, Lombrozo T, Kutas M. Brain response to nouns, verbs and class-ambiguous words in context. Brain 2000;123: 2552-2566.

Gabrieli JDE, Poldrack RA, Desmond JE. The role of left prefrontal cortex in language and memory. Proceedings of National Academy Science 1998;95:906-913.

Garret, M. – The structure of language processing: Neuropsychological evidence. In The Cognitive Neuroscience, (M. S. Gazzaniga, ed.), A Bradford Book, The MIT Press, Massachsets, 1998:881-899.

Henson RNA, Schallice R, Dolan RJ. Right prefrontal cortex and episodic memory retrieval: a functional MRI test of the monitoring hypothesis. Brain 1999;122:1367-1381.

Holcomb PJ, Kounios J, Anderson JE, West WC. Dual coding, context availability, and concreteness effect in sentence comprehension: An electrophysiological investigation. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition 1999;25:741-742.

Holcomb PJ, McPherson WB. Event-related brain potentials reflect semantic priming in an object decision task. Brain and Cognition 1994;25:259-276.

Hopfinger JB, Buonocore HH, Magnun GR. The neural mechanisms of top-down attentional control. Nature Neuroscience 2000;3:284-291.

Hutsler JJ, Gazzaniga MS. The Organization of Human Language Cortex: Special Adaptation or Common Cortical Design? The Neuroscientist 1997;3:61-72.

Ishai A, Ungerleider LG, Martin A, Haxby JV. The representation of objects in the human occipital and temporal cortex. Journal of Cognitive Neuroscience 12 suppl. 2000;2:35-51.

Johnsrude IS, Owen AM, Crane J, Milner B, Evans AC. A cognitive activation study of memory for spatial relationships. Neuropsychologia 1999;37:829-841.

Kanwisher N, Woods RP, Iacoboni M, Mazziotta JC. A locus in human estrastriate cortex of visual shape analysis. Journal of Cognitive Neuroscience 1997;9:133-142.

Kanwisher N, Wojciulik E. Visual attention: Insights from brain imaging. Nature Reviews: Neuroscience 2000;1:91-100.

King, J. W.; Kutas,M. - "Neural Plasticity in the human visual word recognotion", Neuroscience Letters 1998, 244: 61-64.

Klimesch,W. – EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review analysis.1999.

Kong, J.; Wang,Y.; Shang,H.; Wang,Y. ; Yangh, X. and Zhuang,D. – Brain potentials during mental arithmetic-effects of prolem difficulty on event-related bain protentials. Neuroscience Letters, 1999, 260:169-172.

Kosslyn SM, Pascual-Leone A, Felician O, Camposano S, Keenan JP, Thompson WL, Ganis G, Sukeland KE, Alpert NM. The role of area 17 in visual imagery: Convergent evidence from PET and rTMS. Science 1999; 284:167-170.

MacKintosh, N. J. IQ and Human Intelligence, Oxford University Press, Oxford 1998.

Maguire EA, Burgess N, Donnett JG, Frackowwiak RSJ, Fith CD, O'Keefe J. Knowing where and getting there: A human navigation network. Science 1998;280:921-924.

Marshestz C, Smith EE, Jonides J, DeGutis J, Chenevert TL. Order information in working memory: FMRI evidence for parietal and prefrontal mechanisms. Journal of Cognitive Neuroscience 12: suppl 2000;2:130-144.

Maunsell JHR, Ferrera VP. Attentional mechanisms in visual cortex. In: Gazzaniga MS editor. The Cognitive Neuroscience. Cambridge: The MIT Press, 1995:451-461.

McDermott KB, Jones TC, Petersen SE, Lageman SK, Roediger HL. Retrieval success is accompanied by enhanced activation in anterior prefrontal cortex during recognition memory: An Event-Related fMRI study. Journal of Cognitive Neuroscience 2000;12:965-976.

Mehler, J. and Crhistophe, A . – Maturation and learning of language in the first year of life. In The Cognitive Neuroscience, (M. S. Gazzaniga, ed.), A Bradford Book, The MIT Press, Massachsets, 1995:943-954.

Mellet E, Txourio-Mazoyer N, Bricogne S, Mazoyer B, Kosslyn SM, Denis M. Functional anatomy of thigh-resolution visual mental imagery. Journal of Cognitive Neuroscience 2000;12:98-109.

Meyer M, Friederici AD, von Cramon DY. Neurocognition of auditory sentence comprehension: event related fMRI reveals sensitivity to syntactic violations and task demands. Cognitive Brain Research 2000;9:19-33.

Murta S, Chertkow H, Beauregard M, Evans A. The neural substrate of picture naming. Journal of Cognitive Neuroscience 1999;11:399-423.

Nakamura K, Kawashima R, Sato N, Nakamura A, Sugiura M, Kato T, Hatnao K, Ito K, Fukuda H, Shcormann T, Zilles K. Functional delineation of the human occipito-temporal areas related to face and scene processing. Brain, 2000;123:1903-1912.

Neville, H. – Developmental specificity in neurocognitive development in humans. In The Cognitive Neuroscience, (M. S. Gazzaniga, ed.), A Bradford Book, The MIT Press, Massachsets, 1995:219-231.

Neville, H. J., S. A. Coffey, D. S. Lawson, A. Fischer, K. Emmorey and U. Bellugi. Neural Systems Mediating American Sign Language: Effects of Sensoy Experience and Age of Aquisition. Brain and Language, 1997; 57:285-308.

Ni W, Constable RT, Mencl WE, Pugh KR, Fulbright RK, Shaywitz SE, Shayvits BA, Gore JC, Shnakweiller D. An event-related neuroimaging study distinguishing form and content in sentence processing. Journal of Cognitive Neuroscience 2000;12:120-133.

Nishimura, H., K. Hashikawa, K. Doi, T. Iwaki, Y. Watanabe, H. Kusuoka, T. Nishimura and T. Kubo. Sign language “heard” in the auditory cortex. Nature, 1999;397:116-120.

O’Craven KM, Kanwisher N. Mental imagery of faces and places activates corresponding sitmulus-specific brain regions. Journal of Cognitive Neuroscience 2000;12:1013-1023.

Paivio A. Mental representations: A dual condign approach. New York: Oxford University Press 1996.

Paivio A. Dual coding theory: Retrospect and current status. Canadian Journal of Psychology 1991;45:255-287.

Perani D, Cappa SF, Schnur T, Tettamanti M, Collina S, Rosa MM, Fazio F. The neural correlates of verb and noun processing: A PET study. Brain 1999;122:2337-2344.

Posner, M. and Pavese, A . – Anatomy of word and sentence meaning. Proc. Ntal, Acd. Sci, 1998, 95:899-905.

Raij T. Patterns of brain during visual imagery of letters. Journal of Cognitive Neuroscience 1999;11:282-299.

Riesenhuber R, Poggio T. Hierarchical models of object recognition in cortex. Nature Neuroscience 1999;2:1019-1025.

Rocha, A. F.; M. P. R. Laginha; D. Sigulen and M. S. Anção - Declarative and Procedural Knowledge: Two Complementary Tools for Expertise, in Approximate Reasoning Tools for Artificial Intelligence, Verdegay and Delgado (Eds), Verlag Tuv Rheinland, 1990:229-253.

Rocha, A. F. O cérebro: Um breve relato de sua função. EINA, 1999, Jundiaí.

Rocha, A. F., A. B. Serapião; A. Rondó, E. C. Rodella; F. Luchini; M. P. Rebello, Correlating Intelligence and Brain Activity. Proc. 6th Ann. Meeting Cognitive Neurosciences Society, 1999, Washington, D.C.

Rocha, A. F.; Foz, F. B. ; Luchini, F. ; Rodella, E.C.; Rondó, A. The brain: An intelligent distributed processing system 2001. Submitted.

Rocha, A. F., C. C. Leite e R. X. Menezes. Fisiopatologia da inteligência. Integração, 2001; em publicação.

Sawrie SM, Martin RC, Gilliam FG, Faught RE, Maton B, Hugg JW, Bush N, Sinclair K, Kuzniecky RI. Visual confrontation naming and hippocampal function. Brain 2000;123:770-780.

Smith EE, Jonides J, Marshuetz C, Koeppe R. Components of verbal working memory: Evidence from neuroimaging. Proceedings of National Academy Science 1998;95:876-882.

Söderfeldt, B., M. Ingvar, J. Rönnberg, L. Eriksson, M. Serrander and S. Stone-Elander. Signed and spoken language perception studied by positron emission tomography. Neurology, 1997; 49:82-87.

St George M, Kutas M, Martines A, Sereno MI. Semantic integration in reading: engagement of the right hemisphere during discourse processing. Brain 1999;122:1317-1325.

Tarkiainen A, Helenius P, Hansen PC, Cornelissen PL, Salmelin R. Dynamics of letter string perception in the human occipitotemporal cortex. Brain 1999;122:2119-2131.

Thompsom, P. M., J. N Diedd, R. P. Woods, D. MacDonald, A. C. Evans and A.W. Toga Growth patterns in the developing brain detected by using continuum mechanical tensor maps. Nature, 2000; 404:190-193.

Ungerleider LG, Coutney SM, Haxby JV. A neural system for human visual working memory. Proceedings of National Academy Science, 1998;95:883-890.

West WC, Holcomb PJ. Imaginal, semantic, and surface-level processing of concrete and abstract words: An electrophysiological investigation. Journal of Cognitive Neuroscience 2000;12:1024-1037.

Wilson,G. L.; Swain,CR. and Ullsperger, P.– EEG power chantes during a multiple level memory retention tasl. Int. J. Psychophysiology, 1999, 32:107-118.

Young MP. Open questions about the neural mechanisms of visual pattern recognition. In: Gazzaniga MS editor. The Cognitive Neuroscience. Cambridge: The MIT Press 1995;463-474.

Zeki S, Marini L. Three cortical stages of colour processing in the human brain. Brain 1998;121:1669-1685.