

**A MEMÓRIA DE TRABALHO NO PARALISADO CEREBRAL: PROCEDIMENTO PARA AVALIAR HABILIDADE E PROCESSOS SUBJACENTES**

*INFORMATION PROCESSING IN WORKING MEMORY OF CEREBRAL-PALSIED: PRIMACY AND RECENCY EFFECTS AND THE NATURE OF CONSOLIDATION*

Fernando César CAPOVILLA<sup>1</sup>

Leila Regina d'Oliveira de Paula NUNES<sup>2</sup>

**RESUMO:** A memória de trabalho é responsável por reter as informações durante o processamento necessário à resolução de problemas. Dois experimentos avaliaram o grau de desenvolvimento da memória de trabalho e a natureza do ensaio subjacente à consolidação de informação. Participou do estudo um paralisado cerebral espástico-atetóide não-vocal e não-alfabetizado de 15a3m de idade, e usuário de sistema de comunicação computadorizado havia dois anos. O Experimento 1 usou uma variante do procedimento de recordação livre, em que após ouvir cada série de palavras, o sujeito selecionava, via tela sensível no monitor de seu sistema, as figuras cujos nomes eram falados pelo examinador. Foi obtida uma curva de posição serial típica, com acerto superior nos itens iniciais (primazia) e finais (recência). O Experimento 2 analisou a natureza do ensaio, se aberto ou encoberto e se visual ou subvocal. O anteparo anulou a primazia e acentuou a recência; e na sua ausência, a primazia foi tão forte quanto a recência. A inabilidade em fazer ensaio encoberto (visuo-espacial ou subvocal) confirma expectativas teóricas para não-alfabetizados, e coloca desafios para o educador.

**PALAVRAS-CHAVE:** Memória, paralisia cerebral; processamento de informação; comunicação alternativa; distúrbio de linguagem.

**ABSTRACT:** Working memory is responsible for retaining information during the processing involved in problem-solving. Two experiments assessed the degree of working memory development and the nature of the rehearsal underlying consolidation. An illiterate, non-vocal 15y3m old cerebral-palsied boy, who had used a *computerized alternative communication system* for two years, participated. Experiment 1 used a variation of the *free-recall procedure* in which after listening to each of several word-series, the subject selected from the system monitor, via touch-screen, the pictures corresponding to the names spoken by the examiner. A typical *serial-position curve* resulted, with *primacy* and *recency* effects. Experiment 2 analyzed the nature of the rehearsal, whether overt or covert, and whether visual or subvocal. The procedure was replicated but the monitor was shaded in half of the trials. Shading suppressed primacy and highlighted recency whereas, in the absence of shading, primacy was as strong as recency. The inability to perform covered rehearsal (both visuo-spatial and subvocal) is in accordance with the literature, and poses problems for the educator.

**KEYWORDS:** Memory; cerebral palsy; information processing; augmentative and alternative communication; language deficit.

---

<sup>1</sup> Professor do Instituto de Psicologia, USP

<sup>2</sup> Professora do Mestrado em Educação, UERJ – com colaboração de Débora Nunes, Ivânia Araújo, Daniel Nogueira, Ana B. Bernat, Teresinha Valério, Mirna Passos, Ana P. Magalhães, Soraya Madeira, Kelly P. de Paula (Pesquisadores do Mestrado em Educação da UERJ); Elizeu Macedo, Alessandra Capovilla, Marcelo Duduchi (Pesquisadores do Instituto de Psicologia, USP).

## Introdução

Usualmente, o meio lingüístico primário do ouvinte é a palavra falada, e o do surdo congênito, o sinal. Na conversação, assim como os ouvintes ouvem palavras, pensam em palavras e expressam-se em palavras, os surdos vêem sinais, pensam em sinais e expressam-se por meio de sinais. Tanto para ouvintes quanto para surdos que lêem, a escrita é o meio lingüístico secundário. Na leitura, a informação deve ser transcodificada do meio secundário (i.e., texto) ao primário (i.e., fala para o ouvinte e sinal para o surdo); e na escrita, codificada do primário ao secundário. De fato, ao ler, enquanto ouvintes tendem a ouvir mentalmente as palavras correspondentes, os surdos tendem a visualizar os sinais correspondentes (List, 1990). Do mesmo modo, enquanto a escrita dos ouvintes tende a ser orientada pelas mensagens faladas mentalmente, a dos surdos tende a ser orientada pelas mensagens sinalizadas mentalmente (Klima & Bellugi, 1979). Prova disso são os tipos de erro de regularização fônica e quirêmica cometidos durante a leitura-escrita por ouvintes e surdos, respectivamente (Bellugi, Tzeng, Klima, Fok, 1989; Galaburda, 1989). A este propósito, convém lembrar que muitas das dificuldades do surdo na leitura e escrita derivam do fato de que os sistemas de escrita alfabéticos codificam a fonologia da língua falada, à qual ele não tem acesso (Capovilla, Raphael & Macedo, 1998).

As transcodificações envolvidas na leitura e na escrita envolvem recursos cognitivos consideráveis para o processamento de tanta informação. A memória de trabalho é a responsável por reter as informações durante o seu processamento de modo a permitir o sucesso daquela transcodificação. Assim, ler com compreensão e escrever eficazmente são autênticas atividades de resolução de problemas, em que os problemas de ler e escrever poderiam ser parafraseados algo como *o que o texto quer dizer?* e *como expressar com clareza o que tenho em mente?*, respectivamente. Na leitura, os processos paralelos de transcodificar as palavras escritas em palavras faladas (ou sinais), e de reter a forma falada reverberando-a mentalmente enquanto se extrai dela seu significado, demandam recursos consideráveis de memória de trabalho. Na escrita, o processamento pode ser ainda mais complexo (Eysenck & Keane, 1990).

As complexidades envolvidas quando ambos os meios lingüísticos estão envolvidos ajudam a compreender porque a fala e o sinal desenvolvem-se naturalmente de uma mesma maneira pré-programada (*pre-wired*) e quase-universal (Klima, Bellugi & Poizner, 1988) enquanto que a leitura e a escrita não se desenvolvem naturalmente mas precisam ser explicitamente ensinadas (Galaburda, 1989), e são muitas vezes mais suscetíveis a distúrbios do desenvolvimento e adquiridos. Tais considerações são importantes para poder apreciar quão maior é a demanda de processamento cognitivo quando o pensamento e a expressão ocorrem em meios lingüísticos diferentes do que quando eles ocorrem no mesmo meio. Este é o caso de ouvintes ou surdos que, devido à impossibilidade de expressar-se no mesmo meio em que pensam (i.e., em palavras ou sinais, respectivamente), precisam necessariamente fazer uso de meios alternativos de comunicação baseados na escolha de figuras.

No caso específico do paralisado cerebral que é capaz de ouvir mas não de falar, conforme demonstrado (Capovilla, Gonçalves, Macedo & Duduchi, 1997), embora seu pensamento se dê em palavras, a expressão desse pensamento precisa ser feita por meio da escolha de figuras. Conseqüentemente, os processos de transcodificação entre os meios lingüísticos envolvidos na comunicação impõem uma demanda muito elevada sobre a memória de trabalho, demanda esta que é agravada ainda mais pelas dificuldades motoras. Além da demanda interna (i.e., cognitiva) de transcodificar mentalmente entre as palavras com que se pensa e os símbolos com que se expressa o pensar, há a demanda externa (i.e., motora) de ter que apontar fisicamente para as figuras que, em série, compõem uma mensagem capaz de representar o seu pensamento. A conclusão é que, para poder comunicar-se, o paralisado cerebral está em dupla desvantagem: ele precisa engajar-se numa tarefa cognitiva de mais elevado grau de dificuldade (i.e., transcodificar), e, além disso, precisa engajar-se numa tarefa motora em que ele próprio tem uma especial dificuldade (i.e., selecionar figuras, apontando-as serialmente). Não surpreendentemente, sua produção comunicativa tende a ser muito lenta e especialmente vulnerável a erros e interferências (Capovilla, et al., 1997). O produto de tais fatores cognitivos e motores potencializa a demanda sobre a memória de trabalho, de modo que a eficácia do paralisado cerebral em fazer uso efetivo de seu sistema para comunicar-se depende em grande medida da capacidade de sua memória de trabalho.

### **O processamento de informação e a memória de trabalho**

De acordo com o modelo de Baddeley e Hitch (1974), a memória de trabalho é constituída de três componentes: um *executivo central* e dois auxiliares, uma *tábua de desenho visuo-espacial (TDVE)* e um *circuito de reverberação fono-articulatória (CRFA)*. O circuito de reverberação fono-articulatória é muito importante para permitir processar informação verbal apresentada auditivamente na memória de trabalho, permitindo que tal informação sobreviva para além dos dois segundos de duração da *memória sensorial ecóica* (Treisman, 1964) e seja *consolidada*, isto é, passe para a memória de longo prazo (Carlson, 1987). O papel do circuito de reverberação fono-articulatória para a eficiência de processamento na memória de trabalho é indicado em casos em que ele encontra-se temporariamente desabilitado por uma tarefa concorrente de *supressão articulatória* (Baddeley & Lewis, 1981); ou insuficientemente desenvolvido, como em não-alfabetizados (Halliday et al., 1990; Hitch et al., 1989); ou comprometido, como em certos cérebro-lesados. Na bibliografia, exemplos de casos de distúrbios de memória de trabalho em cérebro-lesados, devidos a dano no circuito de reverberação fono-articulatória, são encontrados no afásico de condução KF (Shallice & Warrington, 1974) e nos pacientes JB (Shallice & Butterworth, 1977) e PV (Basso et al., 1982), todos com distúrbios em parte do circuito de reverberação fono-articulatória, o *armazenador fonológico* (Baddeley, 1986).

De acordo com o modelo de memória de trabalho de Baddeley (1986), o *circuito de reverberação fono-articulatória* é composto do *armazenador fonológico*

*passivo*, que é relacionado diretamente à percepção da fala, e do *processo de controle articulatório*, que é relacionado à produção da fala. As informações fonológicas sobre as palavras podem penetrar o armazenador fonológico passivo de três modos: diretamente, via *apresentação auditiva direta*; ou indiretamente via *processo de controle articulatório* (articulação subvocal) ou informação fonológica armazenada na *memória de longo prazo*. A informação no armazenador fonológico passivo (i.e., memória sensorial ecóica) esvanece-se em cerca de dois segundos. Assim, no circuito de reverberação fono-articulatória, a função do processo de controle articulatório é retroalimentar o armazenador fonológico passivo, permitindo o ensaio encoberto e a consolidação da informação. Na ausência do processo de controle articulatório, como comumente ocorre no paralisado cerebral, para que haja aprendizagem de leitura-escrita, a memorização de correspondências grafo-fonêmicas, de regras de posição e de pronúncias e grafias excepcionais, precisa apoiar-se na via de apresentação auditiva direta repetida e sistemática que deve ocorrer simultaneamente à visual e de modo controlado pelo paralisado cerebral, justamente como é a articulação sob controle da criança normal.

Tal situação ideal ocorre quando o paralisado cerebral incapaz de articular a fala pode usar um sistema de comunicação como *ImagoAnaVox* com voz digitalizada (Capovilla, Macedo, Duduchi, Gonçalves et al., 1996). Neste caso, sua aprendizagem de leitura-escrita pode aproximar-se bastante à de uma criança capaz do processo de controle articulatório. A diferença é a seguinte: para retroalimentar a informação fonológica no armazenador fonológico passivo impedindo que ela se degrade ao fixar o texto, enquanto a criança que vocaliza pode fazer uso do *processo de controle articulatório* (subvocalizando o que ouviu), a paralisada cerebral precisa fazer uso da *apresentação auditiva direta*. Ela pode conseguir isto via sistema de comunicação como *ImagoAnaVox* ao selecionar repetidamente a sílaba cada vez que a imagem fonológica no armazenador fonológico passivo se esvanecer. Assim, do mesmo modo que a criança normal vê uma sílaba, aponta-a a um adulto e ouve o adulto pronunciar-la (apresentação auditiva direta), repete a pronúncia abertamente (processo de controle articulatório e apresentação auditiva direta), olha novamente para a sílaba e repete subvocalmente para si a pronúncia (processo de controle articulatório); na paralisada cerebral, o aluno, incapaz de articular fala mas usando um sistema de comunicação como *ImagoAnaVox* com voz digitalizada, vê uma sílaba, seleciona-a e ouve o computador pronunciar-la (apresentação auditiva direta), fixa-a visualmente enquanto a imagem ecóica no armazenador fonológico passivo ainda está vívida e, quando esta começar a decair, repete o processo (apresentação auditiva direta).

De acordo com este modelo, nos dois casos a informação fonológica tende a consolidar-se na memória de longo prazo, e ambas as crianças eventualmente aprendem a ler e escrever, passando da leitura logográfica à alfabética e desta à ortográfica (Frith, 1986). Como o paralisado cerebral pode evocar a voz digitalizada do sistema de comunicação *ImagoAnaVox* direta ou indiretamente (via toque ou gemido), ele pode resgatar a imagem auditiva das palavras e sílabas quando quiser (i.e., fazer apresentação auditiva direta para refrescar o armazenador fonológico

passivo). Na aprendizagem de leitura-escrita via sistemas de comunicação alternativa, as palavras escritas e soadas funcionam como modelo e a escrita é corrigida sistematicamente, comparando o som obtido ao modelo desejado.

O circuito de reverberação fono-articulatória também tem grande importância na *compreensão da linguagem* tanto na forma *falada* como na *escrita*. Neste caso, sua função é reter no armazenador fonológico passivo a *forma superficial* da sentença, ou seja, a ordem exata das palavras na sentença, por tempo suficiente para permitir, via transformações frutos de análise sintática, a consecução de sua *forma profunda* ou proposicional. (i.e., *kernel sentence*, Chomsky, 1965). Quando a fala interna (i.e., processo de controle articulatório) estiver impedida ocorrem problemas com a compreensão de sentenças cujo significado deriva basicamente de sua sintaxe. A fala interna pode encontrar-se impedida de maneira estável e insidiosa em quadros de lesão cerebral, como a afasia de Broca. Pode também encontrar-se apenas temporariamente desabilitada como na tarefa de *supressão articulatória* (Baddeley & Lewis, 1981) em que o sujeito é instruído a articular repetidamente uma não-palavra. Experimentos têm sido conduzidos para avaliar como a desabilitação experimental temporária da fala interna e seu impedimento na lesão cerebral afetam a compreensão da linguagem.

Por exemplo, procurando descobrir o papel que a fala interna desempenha na leitura de pessoas normais, Baddeley e Lewis (1981) pediram a universitários para indicar se sentenças tinham ou não sentido, separando as bem-formadas (ex: *o cirurgião operou o paciente*) das anômalas. Havia dois tipos de anomalias: a *semântica* em que uma palavra era inadequada à frase (ex: *o rinoceronte operou o paciente* ou *descendo as escadas chega-se ao sótão*), e a *sintática* em que as palavras eram adequadas, mas estavam em ordem trocada (ex: *o bebê deu à luz uma mãe saudável; o paciente operou o cirurgião*). A supressão articulatória reduziu a habilidade de detectar anomalias sintáticas, aumentando significativamente a frequência de erros. Ao desabilitar o circuito de reverberação fono-articulatória, a supressão articulatória reduziu a retenção de informação sobre a ordem das palavras na sentença, afetando assim a compreensão das sentenças, quando esta dependia daquela retenção.

Num experimento clássico sobre agramatismo receptivo em afásicos de Broca, os quais tipicamente apresentam *dificuldade articulatória de natureza central*, Schwartz, Saffran e Marin (1980) apresentaram a afásicos, pares de figuras retratando dois entes, como por exemplo duas pessoas, animais ou veículos, e uma ação entre eles, como por exemplo aplaudir, escoicear ou guinchar. Em cada par os papéis de agente e paciente da ação encontravam-se alternados. A tarefa do afásico era apontar para a figura que representava a sentença simples falada pelo examinador. Por exemplo, *aponte o palhaço aplaudindo a bailarina*. O desempenho dos afásicos agramáticos em tal tarefa foi próximo do acaso. Novamente, quando a compreensão da sentença depende do elemento sintático *ordem das palavras*, a dificuldade articulatória central é crítica. Quando o significado das sentenças deve ser obtido pela análise baseada na ordem das palavras, perturbações no circuito de reverberação fono-articulatória, quer

por lesão, quer por desabilitação temporária, tendem a levar ao insucesso. Um exemplo ulterior da bibliografia para ilustrar isto é o da paciente MV (Bub et al., 1987), cuja fala interna era deficitária. MV tinha problemas em compreensão sentenças escritas, mas apenas quando estas tinham anomalias sintáticas (ordem alterada), e não semânticas (palavras inadequadas).

Um estudo de Capovilla (no prelo) demonstra o emprego do sistema de comunicação *ImagoAnaVox* como prótese cognitiva em substituição ao *processo de controle articulatório* na memória de trabalho para fomentar o desempenho da memória de trabalho e a aquisição de leitura-escrita por parte de um paralisado cerebral incapaz de articular. Tal abordagem, embora nova, tem pleno respaldo na bibliografia em áreas circunjacentes, como a da dislexia e da consciência fonológica (Capovilla & Capovilla, 1998). Por exemplo, de acordo com Webster e Plante (1992), o *ensaio subvocal* mantém na *memória de trabalho* a informação codificada fonologicamente para o processo de *recodificação fonológica* que é necessário para a aquisição, o desenvolvimento e a prática da leitura. De acordo com Jenkins e Bowen (1994), um *distúrbio fonológico expressivo* pode afetar o desempenho em tarefas de consciência fonológica porque impede a codificação fonológica eficiente na memória de trabalho. Quando o *processo de controle articulatório* encontra-se insuficientemente desenvolvido como no paralisado cerebral pré-alfabetizado, o fornecimento de uma *prótese do processo de controle articulatório* pode auxiliar na aquisição e desenvolvimento eficazes tanto da leitura e escrita, na medida em que expande a consciência fonológica, quanto da comunicação por meios alternativos, na medida em que permite a mediação de processos verbais (fala encoberta) na escrita pictorial e silábica.

A importância da fala interna para facilitar a escrita foi enfatizada por Luria (1970), embora tenha sido demonstrado que ela não é condição necessária. Por exemplo, os pacientes EB de Levine et al. (1982) e RD de Ellis et al. (1983) liam e escreviam corretamente, embora fossem incapazes de fala encoberta. Demonstrativo de que EB carecia da representação auditiva dos nomes falados de figuras ou palavras conhecidas é o fato de que ele era incapaz de escolher, dentre nomes escritos, os que rimavam com os nomes falados (não apresentados) das figuras que lhe eram apresentadas. Era também incapaz de escolher não-palavras escritas em presença das mesmas não-palavras faladas.

A importância da mediação de processos verbais na escrita pictorial foi demonstrada experimentalmente num estudo (Capovilla, et al., 1997), com a paralisada cerebral RT não-vocal e pré-alfabetizada, e com 13a de idade. Durante sete anos, RT havia feito muito pouco progresso em comunicar-se via tabuleiro Bliss. No último ano, no entanto, havia obtido grande progresso com o sistema pictorial *PIC-Comp* que usa voz digitalizada. Para explicar tal progresso, foi levantada a hipótese de que o uso da voz digitalizada poderia ter facilitado o desenvolvimento de fala interna, que agora estaria a mediar a escrita pictorial. Para verificar a existência da mediação de processos verbais subjacentes, num primeiro estudo RT foi solicitada a compor 18

mensagens (i.e., verbo e objeto) sob diferentes estimulações: ou auditiva verbal (transcrevendo sentenças ouvidas) ou visual não-verbal (descrevendo eventos observados). Resultados mostraram que, para codificar corretamente, RT despendeu menos tempo e demandou menos reapresentações de estímulo sob estimulação auditiva que sob visual.

Em seguida, num estudo de facilitação, RT foi solicitada a, novamente sob estimulação auditiva *versus* visual, compor sentenças com aqueles mesmos elementos (verbo e objeto), mas combinados agora de maneiras diferentes. Foi avaliado se o modo prévio de apresentação (visual *versus* auditiva) dos diferentes elementos (verbos e objetos) afetaria a composição de sentenças novas sob diferentes estimulações (visual *versus* auditiva). Resultados indicaram que a transcrição de sentenças ouvidas foi fácil a ponto de não sofrer qualquer benefício de facilitação visual; já a descrição de eventos observados foi difícil, beneficiando-se bastante da facilitação auditiva, sendo que o efeito de facilitação para verbos foi maior que para objetos. A conclusão é que a escrita pictorial por RT envolvia a fala encoberta, e que seu sistema pictorial encontrava-se indexado com base na imagem auditiva dos nomes falados dos pictogramas. Assim, quando solicitada a descrever pictorialmente eventos observados ela tinha que nomeá-los internamente antes de conseguir fazer acesso aos pictogramas no sistema; e a nomeação de ações foi mais difícil que a de objetos. Quando os nomes já eram fornecidos, o acesso aos pictogramas para a escrita foi muito facilitado.

Em estudos de memória empregando o paradigma da recordação livre de itens previamente ouvidos, o bom funcionamento do circuito de reverberação fono-articulatória pode ser demonstrado pelo *efeito de primazia* em curvas de posição serial: uma tarefa de memória de trabalho auditiva, ao começar a ouvir uma série de itens apresentados a uma taxa de um por segundo, o sujeito tende a reverberar subvocalmente os itens da série, todos, a cada novo item, desde o começo. Isto é eficaz apenas no início, enquanto o tempo despendido na reverberação da série toda não ultrapassar o intervalo disponível entre a apresentação de um item e a do seguinte (Rundus & Atkinson, 1970). Numa tal tarefa, o efeito de primazia não deve ser observado se o circuito de reverberação fono-articulatória estiver desabilitado como na *supressão articulatória*, danificado como no cérebro-lesado, ou insuficientemente desenvolvido como no analfabeto.

### **O uso de sistemas alternativos em auxílio à comunicação e ao pensamento**

Segundo dados da *American Speech-Hearing-Language Association* (1981), uma a quatro em cada 200 pessoas não pode fazer uso de comunicação vocal e precisa fazer uso de meios alternativos. Há uma série de sistemas de comunicação alternativa e aumentativa, como por exemplo a semantografia Bliss (Capovilla, Thiers, Macedo et al., 1997; Hehner, 1980), as pictografias PIC (Maharaj, 1980) e PCS (Johnson, 1992) e o sistema computadorizado *ImagoAnaVox* (Capovilla, Macedo, Duduchi, Gonçalves et al., 1996). Quando pessoas com distúrbios de comunicação começam a fazer uso funcional de sistemas para comunicação no dia-a-dia, tais sistemas passam

a fazer parte integrante de seu comportamento e cognição sociais, tornando-se assim mais do que meros meios artificiais de comunicação. Nessas circunstâncias os sistemas de comunicação tendem a integrar-se funcionalmente aos sistemas comportamentais e cognitivos dos usuários, vindo a constituir-se em autênticas *próteses cognitivas e de comunicação* (Capovilla, no prelo). Sistemas de multimídia para comunicação alternativa podem ser empregados como próteses de pensamento e linguagem para superar deficiências, não apenas sensoriais e motoras como também de processamento cognitivo. Nesse contexto mais amplo, tais sistemas deixam de servir a propósitos meramente comunicativos funcionando como *próteses de processos e funções aferentes, centrais e eferentes* que eventualmente encontram-se prejudicados.

Comunicar-se, especialmente por meios alternativos, envolve traduzir a informação desde um código primário que é usado para pensar, como a língua falada ou a de sinais, até um outro secundário que é usado para codificar mensagens expressivas de tal pensamento, como a ortografia alfabética, a ideografia Bliss e as pictografias PIC e PCS. Tal transcodificação envolve fortemente as habilidades de reter e evocar informações na memória de trabalho. Assim, para poder indicar os sistemas mais apropriados e estimar as chances de sucesso de um determinado candidato à comunicação alternativa, é muito importante poder avaliar a capacidade da memória de trabalho de pessoas com distúrbios da audio-comunicação, como a paralisia cerebral.

Embora seja intuitivamente óbvio que o uso bem sucedido de sistemas de comunicação alternativa dependa fortemente da habilidade do usuário em reter e fazer acesso informações na memória de trabalho, não é possível encontrar na bibliografia procedimentos de medida dessa memória no paralisado cerebral, e dados de análise experimental provenientes de seu uso. Em pessoas falantes tal capacidade pode ser avaliada por meio do *paradigma de recordação livre*. Nesse procedimento, ao ver um sinal marcando o fim de uma série de palavras ouvidas, o examinando deve repetir o maior número possível de palavras da série. Ao longo de várias séries, o resultado usual é uma *curva de posição serial*, em que a proporção de acertos, como função da posição na série, revela-se maior nos primeiros (*efeito de primazia*) e últimos (*efeito de recência*) itens da série. A recência é conseqüência da natureza transitória da informação na memória de trabalho; já a primazia é conseqüência do *ensaio* que permite a consolidação da informação, i.e., sua passagem para a memória de longo prazo (Eysenck & Keane, 1990).

O objetivo do presente estudo foi aprofundar a compreensão do processamento de informação na memória de trabalho do paralisado cerebral. Ele empregou uma variante do procedimento de *recordação livre*, mais adequada para paralisados cerebrais que fazem uso de sistemas de comunicação. Nela, ao ver um sinal marcando o fim de uma série de palavras ouvidas, o paralisado cerebral devia tocar na tela de *ImagoAnaVox* o maior número possível de figuras correspondentes às palavras da série que havia ouvido (tendo o som de *ImagoAnaVox* sido suprimido neste caso). O estudo testou tal procedimento para medir a memória de trabalho no

paralisado cerebral, e verificou se os dados obtidos assemelham-se àqueles usualmente obtidos em procedimentos padrão. A lógica subjacente é a de que se os efeitos de primazia e recência pudessem ser replicados por meio desta variante, isto contribuiria para validar o procedimento como recurso útil para a avaliação paramétrica da memória e para a análise experimental de variáveis e processos envolvidos na consolidação de informações por pessoas com paralisia cerebral.

A lógica subjacente é a de que a replicação de efeitos de primazia e recência contribuiria para validar o presente procedimento enquanto recurso útil para a avaliação paramétrica da memória e para a análise experimental de variáveis e processos envolvidos na consolidação de informações por pessoas com paralisia cerebral.

Participou do estudo um rapaz com paralisia cerebral atetóide e usuário do sistema *ImagoAnaVox*. Dois experimentos foram conduzidos. No Experimento 1, após ouvir cada uma de centenas de séries de uma a quatro palavras, o rapaz devia selecionar no sistema as figuras cujos nomes eram falados pelo examinador. Nele foi verificado se seria obtida uma curva de posição serial típica, com proporção de acerto maior para os itens iniciais (primazia) e finais (recência). A presença de primazia indicaria a consolidação de informação e a presença de algum tipo de ensaio por parte do sujeito. No Experimento 2, após ouvir centenas de séries de uma a cinco palavras, o rapaz devia selecionar no sistema as figuras cujos nomes havia ouvido. Todas as séries eram apresentadas duas vezes, sendo que numa delas o sujeito tinha a visão bloqueada por um anteparo. O objetivo era analisar a natureza do ensaio subjacente à consolidação, ou seja, se aberto ou encoberto, e se visual ou fono-articulatório.

### **Experimento 1: Analisando a memória de trabalho no paralisado cerebral: em busca de evidências de efeitos de primazia e recência**

#### **Método**

##### **Participante**

Participou do estudo um rapaz de 15a3m, com paralisia cerebral atetóide e incapaz de comunicar-se vocalmente. Embora fosse aluno de escola especial, ainda não havia sido alfabetizado. Antes de participar do presente estudo, o rapaz havia participado de uma série de experimentos no Mestrado em Educação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro em que havia aprendido a reconhecer os símbolos no sistema de comunicação alternativa *ImagoVox*. Ao início daquela série de estudos seu desempenho na Escala de Maturidade Mental Columbia (Capovilla, Thiers, Capovilla et al., 1997) equivalia ao de uma criança de 5a de idade.

##### **Aparato**

Foi empregado um microcomputador 486 equipado com *kit multimídia* 4x e tela sensível ao toque. O microcomputador executava o sistema de comunicação

*ImagoVox*. Ele contém cerca de 1330 itens compostos de fotos e filmes coloridos digitalizados do usuário e de seu ambiente natural, sendo que a cada um deles corresponde seu respectivo nome escrito e falado com voz digitalizada. Os itens de *ImagoVox* encontram-se distribuídos em 36 categorias, as quais distribuem-se em duas telas. Cada categoria contém até 70 itens, distribuídos em até seis telas com 16 itens cada uma.

O *layout* do sistema *ImagoVox* é composto de quatro linhas de seis células cada uma. Há três janelas, uma superior contendo as linhas 1 e 2, uma medial contendo a linha 3, e uma inferior contendo a linha 4. A janela superior pode ser emoldurada de azul ou de vermelho. Quando estiver emoldurada de azul as linhas reúnem as figuras que representam as primeiras categorias semânticas do sistema (e.g., *peessoas*, *pedidos*, *verbos*, *sentimentos*, *lugares*, etc.). Quando uma dessas figuras é tocada, a categoria por ela representada desdobra-se em itens de escolha. Quando tal desdobramento de uma dada categoria ocorre, a moldura da janela superior muda para vermelho e as duas primeiras linhas reúnem os primeiros itens da categoria escolhida que foi desdobrada. Por exemplo, a categoria *peessoas* contém itens como o próprio usuário, seus familiares, professores, amigos, etc., sendo que cada pessoa é representada pela própria foto. Quando um desses itens é tocado, ele migra para a janela inferior emoldurada de amarelo na quarta linha, começando a compor uma sentença. Ao mesmo tempo, o nome falado do item escolhido soa com voz digitalizada.

A janela medial, emoldurada de verde na linha 3, contém os *indicadores* dos três *modos de comunicação*: *declarativo* para afirmações simples, *imperativo* para ordens e pedidos e *interrogativo* para perguntas. Ao tocar um ou outro desses modos de comunicação, o usuário deixa clara ao interlocutor, a natureza de sua sentença, se uma pergunta, um pedido ou um simples comentário. Além disso, a janela contém também respostas sim e não para perguntas, e o comando *soar sentenças*, que faz com que a sentença composta pela seleção seqüencial dos itens e reunida na janela inferior soe com voz digitalizada. Assim, o sistema *ImagoVox* permite comunicação com base em sentenças formadas pelo arranjo seqüencial de fotos e filmes tirados do próprio usuário e de seu ambiente natural. Sua força reside em sua grande iconicidade e máxima personalização.

Para o presente estudo foram separadas 12 categorias semânticas: *peessoas*, *adjetivos*, *verbos*, *advérbios*, *pedidos*, *sentimentos*, *escola e trabalho*, *alimentos*, *frutas*, *bebidas*, *aparelhos*, e *meios de transporte*. Cobrindo as 12 categorias, foram empregadas ao todo 306 figuras que eram dispostas em 23 telas, com duas a 22 figuras por tela. Foram empregadas 35 figuras de *peessoas* divididas em duas telas, 30 de *adjetivos* em duas telas, 53 de *verbos* em quatro telas, 15 de *advérbios* em uma tela, 19 de *pedidos* em duas telas, 34 de *sentimentos* em três telas, 20 de *escola e trabalho* em uma tela, 39 de *alimentos* em duas telas, 22 de *frutas* em duas telas, dez de *bebidas* em uma tela, 31 de *aparelhos* em duas telas e 18 de *meios de transporte* em uma tela.

## **Procedimento**

O experimento foi conduzido em 17 sessões com 60 min de duração cada uma. As sessões ocorriam em todos os dias úteis da semana, e a cada dia eram conduzidas duas sessões. A cada sessão eram apresentadas 24 séries de palavras que designavam as figuras do sistema. As 24 séries eram divididas em seis blocos de quatro séries cada um. Assim, cada bloco era composto de quatro séries, uma com um item, outra com dois, outra com três, e outra com quatro itens. Em cada bloco eram aleatorizadas a ordem das séries e a das categorias semânticas.

Ao início da sessão, estando sentado ao lado do experimentador e diante da tela do computador que continha os itens de uma dada categoria desdobrada, o rapaz era instruído acerca da natureza da tarefa. As instruções explicavam que o experimentador iria falar algumas palavras (i.e., nomes de pessoas, coisas, ações, lugares, etc.) e então fazer um sinal com a mão, e que a tarefa do rapaz era tocar na tela as figuras cujos nomes o experimentador havia dito, na mesma ordem em que eles haviam sido ditos. O experimentador solicitava que o rapaz prestasse bastante atenção às palavras e à sua ordem, pois elas seriam faladas por ele apenas uma vez.

O experimentador pronunciava as palavras de maneira clara e pausada a uma taxa de uma por segundo. Imediatamente após cada série de uma a quatro palavras, por meio de um sinal com a mão, ele instava o rapaz a começar a selecionar as figuras. À medida que o rapaz ia selecionando os itens, estes migravam para a área de composição de sentenças enquanto o experimentador indicava com o dedo quantos itens já haviam sido selecionados. Foram apresentadas duas séries de pré-teste, sendo que ao final de cada uma delas o experimentador elogiava o desempenho do rapaz em caso de acerto, ou oferecia uma segunda oportunidade, em caso de omissão ou troca.

## **Resultados: efeito da posição do item nas seqüências de quatro itens**

A Figura 1 representa a proporção de acerto como função da posição que o item ocupava ao longo da seqüência de quatro elementos. Como pode ser observado, guardadas as proporções, a curva obtida assemelha-se muito a uma típica curva de posição serial, com maior proporção de acerto nos itens iniciais (primazia) e finais (recência). De modo a avaliar a significância estatística do efeito da posição do item na seqüência, foi feita ANCOVA da proporção de acerto como função da posição que o item ocupava na seqüência de quatro elementos (posição 1, posição 2, posição 3, posição 4), tendo como covariantes a ordem das sessões (sessão 1 a 17) e a ordem de aparecimento das seqüências de quatro elementos no experimento (ordem 1 a 100). Foi observado um efeito significativo da posição que o item ocupava na seqüência de quatro elementos ( $F_{[3,390]} = 2,73; p = 0,04$ ). Análise de comparação de pares via teste Fisher LSD revelou que a proporção de acertos em itens na posição 4 foi superior àquelas de itens nas posições 2 e 3. A superioridade da posição 4 em relação às posições 2 e 3 sugere efeito de recência do item. Já a ausência de superioridade da

posição 4 em relação à posição 1 sugere efeito de primazia na posição 1. Tal primazia, no entanto, não foi tão forte quanto a recência, já que não houve diferença significativa entre a posição 1 e as posições 2 e 3.

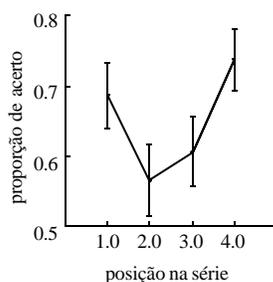


Figura 1- Proporção de acerto como função da posição que o item ocupava ao longo da seqüência de quatro elementos. São representados médias e desvios-padrão.

### Discussão e conclusão

A variante do procedimento de recordação livre aqui empregada produziu uma curva de posição serial típica, com claros efeitos de primazia e recência. A *recência* deve-se ao processo de deslocamento decorrente da limitação da capacidade da memória de trabalho a  $7 \pm 2$  itens (Miller, 1956) e à natureza evanescente da informação fonológica no armazenador fonológico passivo (Eysenck & Keane, 1990). A *primazia* é atribuída ao *ensaio*, usualmente baseado no *circuito de reverberação fono-articulatória*, que é importante para consolidar informação na memória de longo prazo. A recência era esperada devido à natureza da memória de trabalho. Já a primazia não, já que o rapaz não era alfabetizado.

Conforme a bibliografia (Blischak, 1994), a codificação em crianças pré-alfabetizadas para a retenção de informação tende a ser predominantemente *visual* e não *fono-articulatória*. De acordo com Baddeley e Hitch (1974) a memória de trabalho é composta de um *executivo central*, um *circuito de reverberação fono-articulatória*, e uma *tábua de desenho visuo-espacial*. Contrariamente ao que ocorre na criança alfabetizada, na não-alfabetizada o processamento de informação na memória de trabalho é mais visual que fono-articulatório (Halliday et al., 1990; Hitch et al., 1989). Ou seja, enquanto a criança alfabetizada emprega mais o circuito de reverberação fono-articulatória, a não-alfabetizada emprega mais a tábua de desenho visuo-espacial.

Já que o ensaio subvocal fono-articulatório não seria esperado, que outro tipo de ensaio poderia estar sendo executado para resultar no efeito de primazia? Seria possível que o rapaz estivesse buscando as figuras visualmente com o olhar e memorizando suas posições à medida que ouvia seus nomes? Tal interpretação seria

coerente com as expectativas teóricas. Assim, subjacente à consolidação de informação revelada pelo efeito de primazia poderia estar um ensaio *aberto* em vez de *encoberto*, e *visuo-espacial* (i.e., busca visual da figura e memorização de sua posição) em vez de *fono-articulatório* (i.e., repetição subvocal da série de palavras). Se o rapaz estivesse a fazer um ensaio aberto visuo-espacial baseado na busca visual das figuras e memorização de suas posições relativas, então o uso de um anteparo que impedisse tal busca visual deveria eliminar a possibilidade de tal ensaio aberto, anulando assim a primazia. Por outro lado, se o ensaio fosse de natureza encoberta, a presença do anteparo não deveria afetar o desempenho.

Em suma: se pelo menos um dos dois auxiliares do executivo central da memória de trabalho (i.e., a *tábua de desenho visuo-espacial* ou o *circuito de reverberação fono-articulatória*) do rapaz estiver funcionando razoavelmente bem, a ponto de sustentar algum tipo de ensaio encoberto, é provável que a presença de um anteparo não suprima por completo o efeito de primazia. Por outro lado, se este não for o caso e o ensaio pelo rapaz for mesmo dependente quase que exclusivamente da busca visual manifesta do item cujo nome é ouvido e da memorização relativa de sua posição, então a presença de um anteparo deverá ter efeito devastador sobre a consolidação de informação, suprimindo assim o efeito de primazia. É possível que a presença do anteparo possa até mesmo acentuar a recência, devido à liberação dos recursos centrais de atenção, até então comprometidos com a busca visual manifesta, para concentração no sistema auditivo apenas. Tal questão foi analisada no Experimento 2, numa análise experimental dos efeitos observados para determinar a natureza do ensaio subjacente ao efeito de primazia, i.e., à consolidação da informação pelo paralisado cerebral.

## **Experimento 2 - Analisando a consolidação da informação no paralisado cerebral: processos visuais *versus* subvocais**

O Experimento 2 foi elaborado com o objetivo de testar a hipótese de que o efeito de primazia observado no Experimento 1 não constituiu fruto de ensaio subvocal fono-articulatório, mas sim um artefato de ensaio aberto baseado na busca visual dos itens e memorização de suas posições. Para tanto o desempenho na variante da tarefa de recordação livre foi comparado sob duas condições, com e sem anteparo.

### **Método**

#### **Participante**

O mesmo rapaz participou do Experimento 2.

#### **Aparato**

Foi empregado o mesmo aparato: um microcomputador 486 equipado com *kit multimídia* 4x e tela sensível ao toque. O microcomputador executava o sistema de comunicação alternativa *ImagoVox*.

## Procedimento

O experimento foi conduzido em 20 sessões, com duas sessões diárias de 60 min cada uma. A cada sessão eram apresentadas ao rapaz 30 séries de palavras que designavam as figuras do sistema. Em cada uma das 20 sessões eram requeridas seis séries de um item, seis de dois, seis de três, seis de quatro e seis de cinco itens, sendo o tamanho das séries aleatorizado intra-sessão, de modo que não havia qualquer ordem crescente ou decrescente. Numa das sessões diárias durante a audição das 30 séries o rapaz tinha sua visão do monitor do sistema computadorizado bloqueada por um anteparo, e na outra sessão não. A ordem das sessões com e sem anteparo era aleatorizada em cada dia. Deste modo, o anteparo era manipulado sessão a sessão de 30 séries cada, e não série a série.

## Resultados

### Análise 1 - Proporção de acerto como função do tamanho da série, do anteparo e da categoria gramatical do item solicitado (considerando todas as séries de 1 a 5 itens)

A Figura 2 representa a proporção de acerto em função do tamanho da série e da categoria gramatical do item. ANCOVA da proporção de acerto (0-1) como função do tamanho da série (1 a 5 itens), da categoria gramatical dos itens (substantivos: S, verbos: V, modificadores como adjetivos e advérbios: M), e do anteparo (presença, ausência), tendo como covariantes a iconicidade média da categoria semântica (0-1), a ordem das séries (1-20) e a ordem das tentativas (1-600) revelou efeito significativo do tamanho da série ( $F_{[4,558]} = 8,18; p = 0,000$ ) e da categoria gramatical ( $F_{[2,558]} = 22,96; p = 0,000$ ), mas não de qualquer interação ou covariante. Em termos de tamanho da série, comparação entre pares via teste conservador Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto em séries com 1 item foi maior do que nas com 3, 4 ou 5 itens, e que nas séries com 2 itens foi maior do que nas com 4 e 5 itens. Comparação de pares via teste liberal Fisher LSD ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto nas séries com 1 ou 2 itens foi maior que nas com 3, 4 ou 5 itens. Em termos de categoria gramatical, comparações entre pares Bonferroni e Fisher LSD revelaram que a proporção de acerto em S foi maior que em V e M.

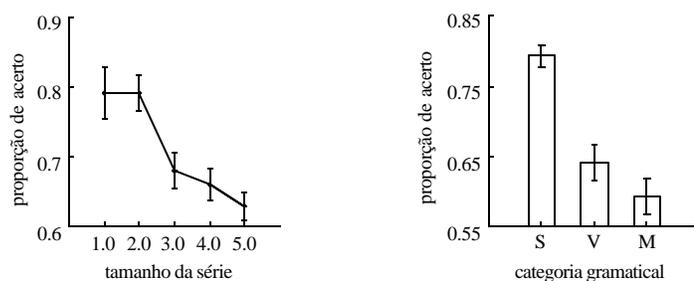


Figura 2 - Proporcão de acerto em função do tamanho da série (1 a 5 itens) e da categoria gramatical do item (S, V, M).

A análise de regressão da proporção de acerto em função da iconicidade da categoria semântica do item (avaliada no Experimento 1) revelou efeito da iconicidade ( $F_{[1,589]} = 11,8$ ,  $p = 0,001$ ). Do mesmo modo, a análise de regressão da proporção de acerto em função do tamanho da série revelou efeito dessa variável ( $F_{[1,589]} = 28,5$ ;  $p = 0,000$ ).

## **Discussão e conclusões**

Em séries a partir de 2 itens, quanto maior o tamanho da série tanto menor a proporção de acerto. Esta proporção de acerto foi maior para S que V, e para V que M. Considerando os dados de todas as séries de 1 a 5 itens, não houve evidência de que o anteparo tenha tornado a tarefa mais difícil. É possível que as diferenças entre desempenho com e sem anteparo só se manifestem em séries com 4 e 5 itens, em que a capacidade da memória de trabalho passa a ser mais solicitada. Como esta análise considerou todas as séries de 1 a 5 itens, é possível que a ausência de diferença no desempenho em séries de 1 a 3 itens tenha reduzido o efeito como um todo.

## **Análise 2 - Proporção de acerto em função da posição do item na série, do anteparo e da categoria gramatical solicitada**

### **Análise 2.1 Considerando os dados de séries de quatro itens**

A Figura 3 representa a proporção de acerto como função da posição do item na série (à esquerda), da ausência (s) ou presença (c) de anteparo (ao centro) e da categoria gramatical (à direita). ANCOVA da proporção de acerto (0-1) como função da posição (1-4) nas séries, do anteparo (presença, ausência) e da categoria gramatical (S, V, M) tendo como covariantes a iconicidade média (0-1), a ordem das sessões (1-20) e das séries (1-121) ao longo do experimento revelou efeito significativo da posição ( $F_{[3,457]} = 4,28$ ,  $p = 0,005$ ), do anteparo ( $F_{[1,457]} = 10,34$ ,  $p = 0,001$ ), e da categoria gramatical ( $F_{[2,457]} = 12,9$ ,  $p = 0,000$ ), mas não de interações ou covariantes. Em termos de posição na série, comparações entre pares via Bonferroni e Fisher LSD ( $\alpha = 0,05$ ) revelaram que a proporção de acerto nos itens na posição 4 foi maior do que nas posições 1 e 2. Em termos de categoria gramatical, comparação entre pares via Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto em itens representativos de S foi maior do que naqueles representativos de V e M. Já a comparação entre pares via Fisher LSD ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto em S foi maior que em V, e em V maior que em M.

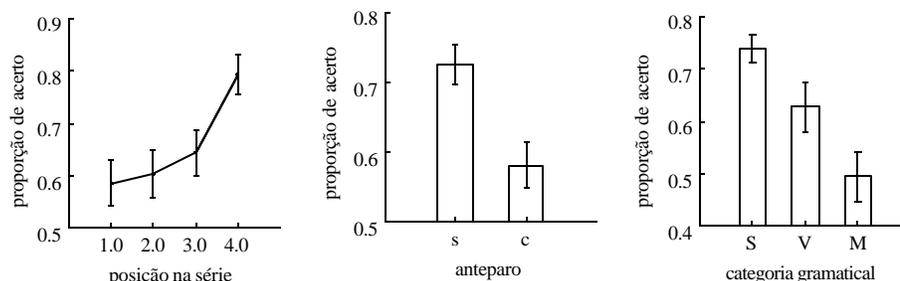


Figura 3 - Proporção de acerto como função da posição do item (à esquerda), da ausência (s) ou presença (c) de anteparo (ao centro) e da categoria gramatical do item (à direita).

### Discussão e conclusões

Os dados acima, obtidos com séries de quatro itens, revelaram um claro efeito de recência: quanto maior a posição do item na série, tanto maior a proporção de acerto. Os dados também revelaram o claro efeito do anteparo em reduzir a proporção de acerto. Finalmente, replicaram também os achados anteriores relativos à categoria gramatical: a proporção de acerto foi maior em S que V, e em V que M. Quando se considera o efeito da posição na série sobre a proporção de acerto, chama a atenção a diferença entre as curvas obtidas neste estudo e no anterior. Naquele a proporção de acerto dos itens na posição 1 foi elevada, tanto que não houve diferença significativa entre as posições 4 e 1, o que constituiu a base para a identificação do efeito de primazia. Já no presente estudo a proporção de acerto em itens na posição 1 foi tão baixa quanto na 2, e significativamente mais baixa que na 4. Ambas as curvas representam os dados de séries de 4 itens. A única diferença entre elas é que a primeira foi obtida sem anteparo, enquanto a segunda foi obtida metade com e metade sem anteparo. Será que a supressão do efeito de primazia, produzida pelo anteparo em metade dos casos na posição 1, poderia ter rebaixado de modo geral a proporção de acerto em itens naquela posição a ponto de ter causado as diferenças? Para responder esta questão foram analisadas as séries de 5 itens. É possível que a maior extensão dessas séries pudesse facilitar a análise dos efeitos em operação nas séries mais curtas (i.e., de 4 itens). Se a hipótese de supressão de efeito de primazia pelo anteparo estiver correta, é possível que nas séries de 5 itens os efeitos sejam visíveis a ponto de manifestar-se na interação entre anteparo e posição na série.

### Análise 2.2 Considerando os dados de séries de cinco itens

A Figura 4 representa a proporção de acerto em função da posição na série (à esquerda) e da categoria gramatical (à direita). ANCOVA da proporção de acerto (0-1) como função da posição do item (1-5) nas séries, do anteparo (presença,

ausência) e da categoria gramatical dos itens (S, V, M) tendo como covariantes a iconicidade média da categoria semântica (0-1), a ordem das sessões (1-20) e das séries (1-117) no experimento revelou efeito da posição ( $F_{[4,552]} = 2,62$ ;  $p = 0,034$ ), da categoria gramatical ( $F_{[2,552]} = 6,57$ ;  $p = 0,002$ ), e da interação entre posição e anteparo ( $F_{[4,552]} = 2,57$ ;  $p = 0,037$ ), mas não de outras variáveis, interações ou covariantes. Em termos de efeito da posição do item na série, comparação entre pares via Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto dos itens na posição 5 foi superior à daqueles na posição 2. Comparação de pares via Fisher LSD ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto dos itens na posição 5 foi superior à daqueles nas posições 1 a 4. Em termos de efeito da categoria gramatical, comparações de pares via Bonferroni e Fisher LSD ( $\alpha = 0,05$ ) revelaram que a proporção de acerto de itens S foi superior àquela de itens V e M.

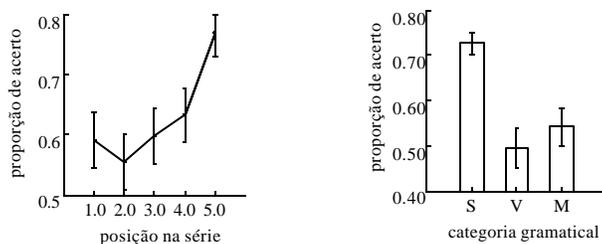


Figura 4 - Proporção de acerto como função da posição do item (à esquerda) e da categoria gramatical do item (à direita).

A Figura 5 representa a interação entre a posição do item na série e a presença ou não de anteparo. Em termos de interação entre posição e anteparo, comparação de pares via Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto de itens na posição 5 com anteparo foi superior àquela de itens nas posições 1 e 2 com anteparo, bem como na posição 4 sem anteparo. Comparação de pares via Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto de itens apresentados com anteparo na posição 5 foi superior a todas aquelas de itens apresentados sem anteparo (inclusive na posição 5), bem como a todas aquelas de itens com anteparo (exceto na posição 4).

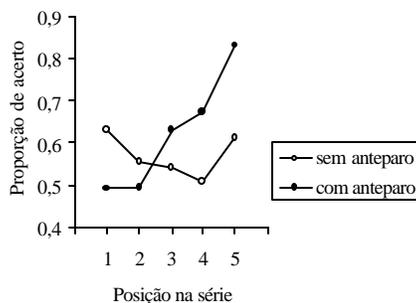


Figura 5 - Proporção de acerto como função da interação entre a posição do item na série e a presença ou não de anteparo.

## Discussão e conclusão

No segundo experimento o procedimento adotado no primeiro foi replicado duas vezes com centenas de séries de quatro itens na Análise 1 e de cinco itens na Análise 2, sendo metade com e metade sem anteparo. Nas séries de cinco itens da Análise 2 os resultados mostraram interação entre a posição do item na série e a presença ou ausência de anteparo: Na ausência de anteparo, o efeito de primazia foi tão forte quanto o de recência; mas na presença, o efeito de primazia foi completamente suprimido, enquanto que o de recência, elevado. A supressão do efeito de primazia, e portanto da consolidação de informação, produzida pelo anteparo sugere que o ensaio feito pelo rapaz era de natureza aberta, e não encoberta. Se o rapaz fosse capaz de algum ensaio encoberto, quer subvocal baseado no circuito de reverberação fono-articulatória, quer visual baseado na tábua de desenho visuo-espacial, então a supressão da primazia não teria sido tão intensa. A interpretação alternativa de que a supressão da primazia pudesse ser um artefato de uma espécie de “distração” produzida pela introdução e remoção do anteparo é extremamente pouco plausível, uma vez que o anteparo era manipulado (i.e., introduzido e removido) não série a série, mas sessão a sessão, sendo que as sessões eram constituídas de 30 séries. A longa duração das sessões tornaria muito pouco plausível uma tal hipótese de artefato por *distração*.

Ao impedir a estratégia de ensaio aberto baseado na busca visual e memorização de posição, o anteparo impediu a alocação dos recursos do executivo central (atenção) ao ensaio aberto de busca visual, forçando assim sua concentração no ensaio encoberto e no canal auditivo. Conseqüentemente, de maneira esperada, a redução da interferência visual resultou no aumento do efeito de recência. Os resultados da Análise 2, especificamente a supressão de efeito de primazia produzida pelo anteparo, ajudam a explicar os resultados da Análise 1, i.e., as diferenças obtidas nas curvas de quatro itens entre os Experimentos 1 e 2. Os resultados da Análise 2 indicam que a ausência de efeito de primazia verificada na Análise 1 do Experimento 2 foi devida ao uso do anteparo em metade das séries daquela análise. No Experimento 1, como os dados foram obtidos sem anteparo, havia possibilidade de ensaio aberto baseado em busca visual e memorização de posição. Já no Experimento 2 metade das séries foram feitas com anteparo, e isto foi suficiente para reduzir como um todo o efeito de primazia. No entanto, como a série era relativamente curta, não houve interação entre a posição do item na série e a presença ou não do anteparo.

## Apreciação geral

O Experimento 1 mostrou como empregar um sistema de comunicação alternativa (i.e., *ImagoVox*) como um *sistema AfeCenEfe* (Capovilla, no prelo), ou seja, como uma prótese cognitiva, para medir a capacidade da memória de trabalho de um paralisado cerebral não-vocal. Ao replicar os efeitos de primazia e recência de curvas de posição serial típicas, ele validou o procedimento enquanto teste de memória de curto prazo e de consolidação. Numa análise experimental do processamento de

informação envolvido no efeito de primazia, o Experimento 2 demonstrou a natureza visuo-espacial do ensaio aberto feito pelo paralisado cerebral não-alfabetizado nesse tipo de tarefa. Os dois experimentos têm relevância direta ao modelo de três componentes da memória de trabalho (Baddeley & Hitch, 1974): o *executivo central*, o *circuito de reverberação fono-articulatória* e a *tábua de desenho visuo-espacial*. Experimentos baseados nesse modelo demonstraram que em tarefas de memória de trabalho, enquanto a criança alfabetizada emprega primordialmente o *circuito de reverberação fono-articulatória*, a não-alfabetizada emprega a não tão eficiente *tábua de desenho visuo-espacial* (Halliday et al., 1990; Hitch et al., 1989). Assim, os dados dos dois experimentos estendem para a criança paralisada cerebral não-alfabetizada a evidência relatada na bibliografia acerca de crianças pré-alfabetizadas em geral.

Igualmente importante nesses estudos é a constatação de que o rapaz não ficava passivo diante de sua deficiência de memória de trabalho, mas procurava reduzi-lo pela adoção de uma estratégia compensatória. Em outras palavras, seu processamento não era apenas *serial passivo bottom-up*, mas *iterativo bottom-up e top-down*. Frente à dificuldade de fazer ensaio encoberto com base no circuito de reverberação fono-articulatória pouco desenvolvido, seu executivo central procurava fazer ensaio aberto com base na *tábua de desenho visuo-espacial*, buscando os itens à medida em que ouvia seus nomes, e procurando memorizar suas posições relativas. Em outras palavras, o rapaz fazia uso de seu sistema de comunicação alternativa como *sistema AfeCenEfe*, ou seja, como uma *prótese cognitiva*, para a compensação de sua deficiência de memória de trabalho relacionada ao estágio incipiente de desenvolvimento de seu circuito de reverberação fono-articulatória.

O presente estudo dá suporte ao conceito de *AfeCenEfe* como próteses de linguagem e pensamento (Capovilla, no prelo). É possível que para permitir um uso funcional eficiente, enquanto sistema externo de representação de conhecimento, um *sistema AfeCenEfe* deva simular as características, fenomenicamente experimentadas, de sistemas internos de representação de informação. Em suporte de tal tese, tem sido observado (Capovilla, Gonçalves et al., 1997) que o tempo de acesso léxico-simbólico é afetado pela maneira como o conhecimento encontra-se arranjado num sistema de comunicação, o que confirma as expectativas baseadas na bibliografia (Lindsay & Norman, 1972). Se assim for, em termos de memória de trabalho, a parte simulada do sistema interno que é assistida pela prótese foi a *tábua de desenho visuo-espacial*.

Nos procedimentos tradicionais com não-paralisados os efeitos de primazia e recência são demonstrados com séries longas de cerca de 15 itens. Apesar da relativamente grande complexidade da tarefa modificada para o PC, o fato de que os efeitos de primazia e recência tenham sido demonstrados com séries curtas de apenas 4 e 5 itens, por si só, revela a relativamente limitada capacidade de memória de trabalho e de consolidação do paralisado cerebral não-alfabetizado. Conforme a bibliografia, em tarefas envolvendo comunicação, o circuito de reverberação fono-articulatória é mais eficiente do que a *tábua de desenho visuo-espacial*, e assim, pode-se esperar que um fortalecimento desse circuito de reverberação fono-articulatória

resulte num aumento da eficiência da memória de trabalho. Ao demonstrar a presença de processos fonoarticulatórios subjacentes à comunicação via *ImagoAnaVox* com voz digitalizada, o estudo de Capovilla, Macedo, Duduchi, Gonçalves e colaborador (1996) indica que isto também é verdadeiro para o paralisado cerebral que usa sistemas de comunicação alternativa.

Agora que os presentes estudos ofereceram uma maneira prática de avaliar a consolidação de informação e a capacidade da memória de trabalho, e de determinar a sua natureza no paralisado cerebral, o próximo passo em estudos subsequentes é analisar as relações bidirecionais entre a capacidade da memória de trabalho e a habilidade de fazer uso funcional de sistemas de comunicação alternativa. Ou seja, como a habilidade de usar um sistema de comunicação aumenta em proporção direta à capacidade da memória de trabalho; e como o treino no uso de um sistema de comunicação, eventualmente levando à aprendizagem de leitura-escrita, pode resultar no aumento da capacidade da memória.

### Referências Bibliográficas

- AMERICAN SPEECH-HEARING-LANGUAGE ASSOCIATION. Position statement on non-speech communication, *ASHA*, v. 23, p. 577-581, 1981.
- BADDELEY, A .D. *Working memory*. Oxford, G.B.: Oxford University Press, 1986.
- BADDELEY, A. D.; HITCH, G. I Working memory. In: BOWER, G. H. - *The psychology of learning and motivation*, v. 8, London: Academic Press, 1974, p.120-160.
- BADDELEY, A. D.; LEWIS, V. J. Inner active processes in reading: the inner voice, the inner ear and the inner eye. In: LESGOLD, A. M.; PERFETTI, C. A. *Interactive processes in reading*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1981, p. 85-114.
- BASSO, A.; SPINLER, H.; VALLAR, G.; ZANNOBIO, E. Left hemisphere damage and selective impairment of auditory short-term memory: a case study. *Neuropsychologia*, v. 20, p. 263-274, 1982.
- BELLUGI, U.; TZENG, O.; KLIMA, E. S.; FOK, A. Dyslexia: perspectives from sign and script. In: GALABURDA, M. A., (Ed.) *From reading to neurons: issues in the biology of language and cognition*. Cambridge, MA, Bradford Book & MIT Press, p.137-72, 1989.
- BLISCHAK, D. M. Phonological awareness: Implications for individuals with little or no functional speech. *Augmentative and Alternative Communication*, v.10, n.4, p.245-254, 1994.
- BUB, D.; BLACK, S.; HOWELL, J.; KERTESZ, A. Speech output processes and reading. In: COLTHEART, M.; SARTORI, G.; JOB, R. (Eds.). *The cognitive neuropsychology of language*. London: Lawrence Erlbaum, 1987.
- CAPOVILLA, A. G. S.; CAPOVILLA, F. C. Treino de consciência fonológica da pré-1 a 2a. série: efeitos sobre habilidades fonológicas, de leitura e escrita. *Temas sobre Desenvolvimento*. v. 7, n. 40, 1998.

- CAPOVILLA, F. C. Sistemas de multimídia como próteses de pensamento e linguagem para a superação de deficiências sensoriais, motoras e de processamento cognitivo. In: BERTOLUCCI, P. *Temas em neuropsicologia*. Série de Neuropsicologia, v. 6, São Paulo, Sociedade Brasileira de Neuropsicologia. (no prelo).
- CAPOVILLA, F. C. Sistemas especialistas de *multimídia* em educação especial. In: NUNES, L. *Prevenção e intervenção em educação especial*. Série Coletâneas da ANPEPP, v. 1, n.14, Rio de Janeiro, ANPEPP, 1996. p.124-150.
- CAPOVILLA, F. C.; GONÇALVES, M. J.; MACEDO, E. C.; DUDUCHI, M. Processos verbais de fala interna na codificação de mensagens picto-ideográficas por menina paralisada cerebral usando um sistema computadorizado de comunicação. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, v. 1, n. 1, p. 141-200, 1997.
- CAPOVILLA, F. C.; MACEDO, E. C.; DUDUCHI, M.; CAPOVILLA, A. G. S.; RAPHAEL, W. D.; GUEDES, M. UltrAActive: computerized multimedia expert AAC system. *Proceedings of the VII Biennial Conference of the International Society for Augmentative and Alternative Communication*. Vancouver, Canada, p.167-468, 1996.
- CAPOVILLA, F. C.; MACEDO, E. C.; DUDUCHI, M.; CAPOVILLA, A. G. S.; THIERS, V. O. Sistemas computadorizados para comunicação e aprendizagem pelo paralisado cerebral: sua engenharia e indicações clínicas. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, v. 1, n. 1, p. 201-48, 1997.
- CAPOVILLA, F. C.; MACEDO, E. C.; DUDUCHI, M.; GONÇALVES, M. J.; CAPOVILLA, A.G.S. Home use of a computerized pictographic-syllabic-vocalic AAC system in cerebral palsy: preliminary data. *Proceedings of the VII Biennial Conference of the International Society for Augmentative and Alternative Communication*. Vancouver, Canada, p.463-464, 1996.
- CAPOVILLA, F. C.; MACEDO, E. C.; RAPHAEL, W. D.; CAPOVILLA, A. G. S.; GONÇALVES, M. J.; DUDUCHI, M.; GUEDES, M. Multimedia expert systems for cognitive evaluation of AAC system users in special education. *Annals of the Third ECART European Conference on the Advancement of Rehabilitation Technology*, Lisbon, Portugal, p.89-91, 1995.
- CAPOVILLA, F. C.; RAPHAEL, W. D.; MACEDO, E. C., (Orgs.) *Manual ilustrado de sinais e sistema de comunicação para surdos*. São Paulo: Instituto de Psicologia, USP, 1998.
- CAPOVILLA, F. C.; THIERS, V. O.; CAPOVILLA, A. G. S.; MACEDO, E. C.; DUDUCHI, M.; GUEDES, M. Validação preliminar da adaptação computadorizada para paralisados cerebrais da Escala de Maturidade Mental Columbia. *Temas sobre Desenvolvimento*. v. 6, n. 35, p. 2-7, 1997.
- CAPOVILLA, F. C.; THIERS, V. O.; MACEDO, E. C.; DUDUCHI, M. Sistema de multimídia para o ensino de símbolos Bliss a paralisado cerebral: explorando processos de aprendizagem direta e emergente I. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, v. 1, n. 1, p. 201-48, 1997.
- CARLSON, N. R. *Psychology: The science of behavior*. Boston: Allyn & Bacon, 1987.
- CHOMSKY, N. *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, MA: M.I.T. Press, 1965.
- ELLIS, A. W.; MILLER, D.; SIN, G. Wernicke's aphasia and normal language processing: A case study in cognitive neuropsychology. *Cognition*, v.15, p.111-144, 1983.
- EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. *Psicologia cognitiva: um manual introdutório*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1990.

- FRITH, U. A developmental framework for developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, v. 36, p. 69-81, 1986.
- GALABURDA, A. M., (Ed.) *From reading to neurons: issues in the biology of language and cognition*. Cambridge: MIT Press, 1989
- HALLIDAY, M. S.; HITCH, G. J.; LENNON, B.; PETTIPHER, C. Verbal short-term memory in children. The role of the articulatory loop. *European Journal of Cognitive Psychology*, v.2, p.23-38, 1990.
- HEHNER, B. (Ed.). *Blissymbols for use*, 4th ed., Ontario: Blissymbolics Communication Institute, 1980.
- HITCH, G. J.; HALLIDAY, M. S.; DODD, A.; LITTER, J. E. Development of research in short-term memory: Differences between pictorial and spoken stimuli. *British Journal of Developmental Psychology*, v. 7, p. 347-362, 1989.
- JENKINS, R.; BOWEN, L. Facilitating development of preliterate children's phonological abilities. *Topics in Language Disorders*, v. 14, n. 2, p. 26-39, 1994.
- JOHNSON, R. *The Picture Communication Symbols, Book III*, Solana Beach: Mayer-Jonson Co., 1992.
- KLIMA, E. S.; BELLUGI, U. *The signs of language*. Cambridge: Harvard University Press, 1979.
- KLIMA, E. S.; BELLUGI, U.; POIZNER, H. The neurolinguistic substrate for sign language. In: HYMAN, L. N. M.; LI, C. N. (Eds.) *Language, speech, and mind*. London: Rutledge, 1988.
- LEVINE, D. N.; CALVANIO, R.; POPOVICS, A. Language in the absence of inner speech. *Word*, v. 15, p. 19-44, 1982.
- LINDSAY, P. H.; NORMAN, D. A. *Human information processing*. New York: Academic Press, 1972.
- LIST, G. Immediate communication and script: reflections on learning to read and to write by the deaf. In: PRILLWITZ, S.; VOLLHABER, T.(Eds.) *Sign language research and application*. Hamburg, Signum Press, 1990, p.65-76.
- MAHARAJ, S. *Pictogram Ideogram Communication*. Regina, Canada: The George Reed Foundation for the Handicapped, 1980.
- MILLER, G.A. The magic number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, v. 63, p. 81-93, 1956.
- RUNDUS, D.; ATKINSON, R. C. Rehearsal procedures in free recall: a procedure for direct observation. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v. 9, p. 99-105, 1970.
- SHALLICE, T.; BUTTERWORTH, B. Short term memory impairment and spontaneous speech. *Neuropsychologia*, v. 15, p. 729-735, 1977.
- SHALLICE, T.; WARRINGTON, E. K. The dissociation between long-term retention of meaningful sounds and verbal material. *Neuropsychologia*, v. 12, p. 553-555, 1974.
- SCHWARTZ, M. F.; SAFFRAN, E. M.; MARIN, O. S. M. The word order problem in agrammatism. I. Comprehension. *Brain and Language*, v. 10, p. 249-262, 1980.

TREISMAN, A. M. Verbal cues, language, and meaning in selective attention. *American Journal of Psychology*, v. 77, p. 206-219, 1964.

WEBSTER, P.; PLANTE, A. Effects of phonological impairment on word, syllable and phoneme segmentation and reading. *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, v. 23, p.176-182, 1992.

