

# INTEGRAÇÃO SENSORIAL: DIFERENÇA NOS PADRÕES DA ONDA CORTICAL PÓS-TREINAMENTO EM TAREFAS PSICOMOTORAS COMPLEXAS

CARLA DA SILVA REIS ALVES

Faculdade Castelo Branco, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

[reiscarla@ig.com.br](mailto:reiscarla@ig.com.br)

BIANCA KALIL DE MACEDO JAKUBOVIC

Faculdade Castelo Branco, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

[bia.jakubo@gmail.com](mailto:bia.jakubo@gmail.com)

ANA CECÍLIA FRAZÃO

Faculdade Castelo Branco, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

[anacecilafracao@hotmail.com](mailto:anacecilafracao@hotmail.com)

VERNON FURTADO DA SILVA

Faculdade Castelo Branco, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

[vernonfurtado2005@yahoo.com](mailto:vernonfurtado2005@yahoo.com)

## INTRODUÇÃO

O ser humano realiza aprendizagens de natureza diversa durante toda sua vida, e uma das que mais se destaca é a motora, que é garantida pela integração de vários processos neurais organizadores e gestores do comportamento motor (TANI, 2005; LENT, 2001; BEAR, CONNORS e PARADISO, 2002; ANNUNCIATO e OLIVEIRA, 2004). Essa perspectiva estabelece uma relação de suma importância para o debate de técnicas de ensino, bem como para referência de pesquisa nesta área.

A integração sensorial é o processo neurológico que organiza as sensações do próprio corpo nas ações e atividades que se executa rotineiramente, acrescentando ainda que todas as ações, não só motoras, mas também dos processos de aprendizagem e formação de conceitos, são dependentes da capacidade de interpretar informações sensoriais (MAGALHÃES e LAMBERTUCCI, 2001; BALLOUEFF, 2002; BUNDY et al, 2002; BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002).

Os resultados da integração sensorial estimulam, dentre outras coisas, o desenvolvimento de respostas adaptativas cada vez mais complexas, melhoram a habilidade motora grossa e fina, bem como o desempenho cognitivo da linguagem, aumentando a autoconfiança e a autoestima (MAGALHÃES e LAMBERTUCCI, 2004). Os resultados esperados com o estímulo da integração sensorial são o aumento do processamento e organização da aferência sensorial pelo Sistema Nervoso Central. Isto por sua vez, fornece base para a melhora do desempenho ocupacional manifestada por habilidades motoras, aprendizado acadêmico, linguagem, atividades diárias e habilidades sociais pessoais (BALLOUEFF, 2002).

Experiências realizadas com ratos em laboratório demonstraram que animais criados em ambientes enriquecidos, cheio de objetos estimulantes, desenvolveram um córtex cerebral muito mais espesso se comparados aos criados em ambiente pobre e também mais limitados, quando comparados aos que viveram isoladamente (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002). Há, portanto, um considerável número de evidências que apontam favoravelmente para a ideia de que uma prática de integração sensorial com carga de estímulos alta tende a promover resultados mais significativos do que a prática sensorial com carga baixa (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002; MAGALHÃES, 2002; MORRIS, 1998).

Os cinco sistemas sensoriais (auditivo, visual, vestibular, proprioceptivo e tátil) dão as bases para o desenvolvimento das capacidades funcionais que permitem o desenvolvimento de habilidades mais complexas (MAGALHÃES e LAMBERTUCCI, 2004). O ser humano reúne todas essas sensações e as organiza para um plano de ação. Os distúrbios na recepção e na organização das informações sensoriais recebidas sobre o mundo vão afetar o desempenho nas demais áreas. Quando a criança não recebe informações sensoriais importantes, de forma

clara e concisa, pode não estar recebendo o “alimento” que o cérebro precisa para o processo de aprendizagem (MAGALHÃES e LAMBERTUCCE, 2004; OLIVEIRA, 2007).

Todo aprendizado motor resulta em mudanças na atividade neural em diferentes regiões do cérebro (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002; TANI, 2005; LUFT e ANDRADE, 2006). Existem muitos instrumentos de investigação dessa atividade, como Topografia por emissão de Positrons (PET), representação funcional por Ressonância Magnética (fRM) e Imagem Óptica (IO). Na pesquisa em Aprendizagem Motora, o Eletroencefalograma (EEG) vem sendo o mais utilizado, pois registra a atividade elétrica e suas mudanças no cérebro durante a execução de uma tarefa motora complexa ou durante o próprio exercício, com uma resolução temporal maior que a dos outros instrumentos (LUFT e ANDRADE, 2006; MARQUES et al, 2006).

O presente estudo teve como foco investigar os resultados da aprendizagem de uma tarefa psicomotora complexa, entre dois meninos gêmeos com 7 anos de idade, utilizando diferentes cargas de estímulo, uma com integração sensorial baixa e, a outra, com alta, verificando e comparando, os padrões eletroencefalográficos e, em especial da ondas Alfa da tarefa experimental.

## **MÉTODOS**

### **Amostra**

Foi utilizada nesta pesquisa a amostra de dois meninos, gêmeos, com 7 anos de idade, de uma escola específica do Município do Rio de Janeiro. O projeto foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UCB-RJ (sob o nº de protocolo 0028/ 2009).

### **Procedimentos**

#### **De seleção da amostra**

Após a pesquisa ter sido devidamente autorizada pelo Comitê de Ética e pela Coordenadoria Regional de Educação (CRE) do Município do Rio de Janeiro, foi feito o contato com a direção da escola providenciando-se a assinatura do Termo de Informação à Instituição, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participação em pesquisa, encaminhado ao responsável legal pelos sujeitos. Os gêmeos foram selecionados ambos da mesma série e turma. O responsável legal preencheu uma planilha Neurosemiológica, desenvolvida pelo Doutor Luiz Antônio Ferreira da Silva, CRM 15719-6, verificando se os gêmeos estavam em perfeitas condições de saúde neurológica para fazer parte da pesquisa.

#### **-De intervenção**

Após o teste de base os gêmeos participaram do treinamento durante 30 dias em 4 sessões semanais, e em cada sessão eram feitas três passagens pelo circuito, num local próximo a escola e em terreno de grama plana. Um dos gêmeos executou o circuito de integração sensorial com carga de estímulo alta composto por 5 estações e com habilidades motoras básicas necessárias para pular corda, associadas aos seguintes estímulos:

a) auditivo do apito (um silvo breve para parar e dois silvos para continuar a execução do exercício); b) estímulo visual com uma bola vermelha e uma bola verde (ao mostrar a bola verde o sujeito pararia e ao mostrar a bola vermelha o mesmo continuaria a passagem do circuito, esse comando sofreu variações, como por exemplo, trocando o som do apito, ou a cor da bola, introdução do sistema vestibular (variando o sentido ou executar o percurso segurando uma bola de basquete); c) estímulo proprioceptivo e tátil (descalço na grama).

As estações compunham-se de (1) Deslocar-se num percurso em ziguezague utilizando 3 cones como obstáculos; (2) Saltar com as duas pernas simultâneas dentro de 3 bambolês dispostos sequencialmente; (3) Deslocar-se alternando as pernas para transpor 3 colchonetes dispostos um após o outro; (4) Saltar lateralmente com os pés simultâneos, 3 obstáculos (cones deitados), no sentido de ida e volta (da direita para a esquerda e vice-versa) e (5) saltar sobre uma corda próxima ao chão, sustentada por dois cones, também ida e volta. O circuito com carga baixa foi composto pelas mesmas estações do circuito anterior, porém apenas com o estímulo auditivo, ou seja, a treinadora explicou a sequência do circuito e como deveria ser executada em cada uma das estações.

#### - De coleta de dados

Os sujeitos passaram pela coleta de dados de forma individual. Os pré e pós-teste foram aplicados pela mesma pessoa, devidamente treinada no Laboratório de Neurociência da Universidade Castelo Branco. Ao chegar ao local, cada um sentava-se confortavelmente em uma cadeira, e era explicado todo o procedimento e, após a compreensão, iniciava-se o teste.

Os sujeitos foram submetidos à análise do traçado eletroencefálico, com o objetivo de verificar o mapa cortical antes da intervenção do treinamento. Para a análise utilizou-se um instrumento denominado Procomp+, fabricado pela Thought Technology LTDA, com um programa denominado Biograph na versão 2.1, conectado a sensores para eletroencefalografia. Na coleta de dados eletroencefalográficos foi usado apenas um sensor na área Z, e um sensor atrás de cada orelha, tendo sido fixados com gel e faixa para cabelo. Eles participaram também um teste de base inicial, realizando uma sessão de familiarização com 3 (três) tentativas e um final valorado de 1 a 6 para a tarefa psicomotora complexa “pular corda”. O **nível 1** compreende a condição de pular corda sem sequência, sendo “queimado” na 1ª volta da corda; o **nível 2**, quando o aprendiz demonstrou a competência de executar de 1 a 5 voltas pulando a corda; o **nível 3** quando executou de 6 a 10 voltas na sequência de pular corda; o **nível 4** foi atribuído ao aprendiz que executou de 11 a 20 voltas; o **nível 5**, quando o aprendiz foi capaz de executar mais de 20 voltas pulando a corda e o **nível 6**, quando o aprendiz apresentou a mesma capacidade do nível anterior, acrescido da competência para pular num dos pés, pular executando um giro em torno do próprio eixo, tocar uma das mãos no chão e finalmente sair da corda ainda em movimento sem ser “queimado”.

Após o teste de base, iniciou-se o treinamento com o circuito durante 30 dias, 4 vezes por semana. Terminada essa etapa os gêmeos foram novamente avaliados, verificando-se se houve avanço de nível, tendo finalmente sido submetidos à análise do traçado eletroencefálico pós-treinamento, objetivando diagnosticar alterações ocorridas no mapa cortical.

#### **Análise dos dados**

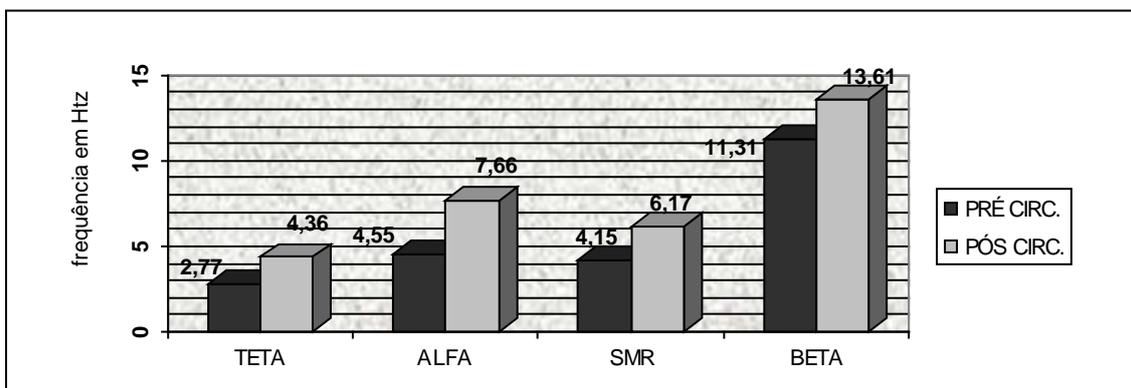
Os dados foram mostrados em projeções descritivas e, posteriormente, estudados por meio de estatística inferencial. Para esta utilizou-se o Teste t de Student, com o objetivo de verificação de possíveis diferenças entre as médias dos dados eletroencefalográficos obtidos em momentos imediatos pré e pós-treinamento nos circuitos específicos de cada gêmeo. Os dados obtidos foram correspondentes a quatro padrões de ondas corticais, Teta, Alfa, SMR e Beta. As referidas médias foram plotadas com o objetivo de facilitação interpretativa sobre os resultados da Análise. Ganhos na performance de pular corda foram descritos em relação aos padrões quanti-qualitativos, formulados para referência de evolução (aprendizagem) da tarefa experimental. O índice Alfa < ou = a 0.05 foi estipulado para referência de rejeição da hipótese do estudo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

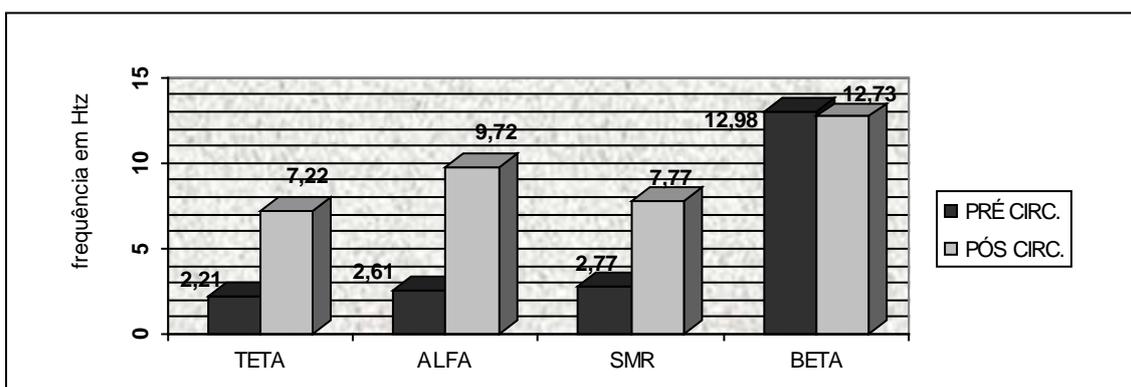
Os resultados das estatísticas utilizadas para estudo dos dados oriundos dos testes efetivados nesta pesquisa estão descritos, a princípio, sob forma descritiva e a seguir, com base na análise inferencial realizada.

Observando-se a Figura 1 (abaixo) nota-se que a atividade rica em integração (**AI**) influenciou o aumento proporcional na atividade Teta, Alfa e SMR e um decréscimo na atividade Beta, caracterizando um estado mental mais concentrado e, portanto, mais atento às percepções externas (aumento de SMR e Alfa). Já a atividade Beta diminuiu em consequência do aumento da concentração, enquanto o outro gêmeo treinado com baixa integração sensorial (**BI**) na figura 2 mostrou aumento desproporcional nas ondas, inclusive um grande aumento na onda teta, relacionada ao sono e permanência da atividade Beta no mesmo padrão anterior, caracterizando uma atividade mental menos concentrada, menos perceptível à estimulação externa.

Pode-se verificar que o comportamento das ondas corticais, estudadas nos gêmeos, tenderam a uma homogeneidade, comparando-as em relação individual. Todavia, observa-se, também, que houve uma reversão em termos de equilíbrio hemisférico quando se compara, entre eles, as projeções da onda SMR que identifica este fator (equilíbrio hemisférico). Ou seja, antes da prática específica nos circuitos, o gêmeo que praticou o circuito inerente a alta carga de estímulos (**AI**), evidenciou um nível médio mais baixo do que o outro gêmeo, na onda SMR, o que significa um pior equilíbrio de base comparado ao gêmeo **BI**. Após a prática das várias sessões, em tomada imediata, o padrão se reverteu, mostrando o gêmeo **AI** com padrão de equilíbrio hemisférico mais baixo do que o outro gêmeo. A mesma tendência ocorreu em referência à onda Alfa. Considerando-se que esta onda reflete relações com aprendizagem, poder-se-ia explicar, em relação a este dado, que de certa forma o sistema de conexão entre hemisférios cerebrais do gêmeo **AI** evoluiu mais do que o mesmo sistema no gêmeo **BI**.



**Figura 1.** Mostra os dados médios da atividade cortical, medidas em relação às ondas cerebrais, momentos imediatos, pré (antes de iniciar) e pós-circuito (depois da última sessão), do gêmeo que participou do circuito de alta carga (**AI**).



**Figura 2.** Mostra os dados médios da atividade cortical, medidas em relação às ondas cerebrais momentos imediatos, pré (antes de iniciar) e pós circuito (depois da última sessão) do gêmeo que participou de baixa carga de integração (**BI**).

Esta perspectiva, entretanto deve ser vista com cautela, uma vez que apesar da boa qualidade do instrumental usado na eletroencefalografia, os dados associados a esta mensuração refletem apenas padrões de ondas corticais e não o funcionamento de estruturas, que de certa forma se fazem mais visíveis em instrumentos de alta tecnologia como PET teste e/ou outros na mesma linha.

Estudos indicam que a onda Alfa se mostra inversamente proporcional à ativação e está associada a uma maior sincronia e menor esforço neural, consequentemente relacionada com melhor aprendizagem e desempenho motor (LUFT e ANDRADE, 2006; MARQUES et al, 2006; SIEVER, 2003; HATFIELD et al, 2004; HAUFLENER et al, 2004). A atividade Alfa é importante nas pesquisas em aprendizagem motora porque pode indicar se houve ou não o aprendizado. O ritmo da onda SMR está diretamente relacionado à atenção, ou seja, o aparecimento da atividade SMR indica melhores níveis de processamento de atenção (LUFT e ANDRADE, 2006; VERNON et al, 2003).

No que tange ao teste das médias (Student t test) verificou-se que tanto no que concerne às ondas SMR quanto à Alfa, as diferenças apontadas acima não foram suficientes para indicar significâncias estatísticas, pois em ambos os casos  $p > 0.05$ . De qualquer forma, aquelas diferenças se conveniam com o aumento de aprendizado verificado no teste de pular corda, no qual o gêmeo que praticou o circuito de alta carga de estímulos avançou do nível 2, para o nível mais elevado de performance (nível 6). Por outro lado, o gêmeo cuja carga de estímulo era baixa e, consequentemente, de baixa demanda em termos de integração sensorial, não evoluiu em tanta monta, tendo se mantido no nível inicial 3, embora tenha aumentado o número de execuções da tarefa motora (de 8 para 10 vezes) significando que a prática no circuito de baixa carga de estímulos não foi suficiente para um desenvolvimento neuromotor significativo. Vale a pena resaltar que o gêmeo **AI** apresentou Alfa como 2ª maior onda, seguida de SMR, enquanto que o outro gêmeo teve Teta quase igual a SMR, ou seja, a estimulação externa não foi tão relevante para ele.

Tudo leva a crer que o gêmeo **AI** era mais equilibrado hemisfericamente, com nível Teta baixo, SMR e Alfa semelhantes e Beta alto, mostrando excitação com a atividade externa. O ganho após a tarefa também parece ter sido proporcional, talvez pelo fato de ser mais equilibrado hemisfericamente. Beta diminuiu porque a ansiedade e excitação negativa também diminuíram. O que parece ter predominado foi a concentração na tarefa a ser executada (o circuito). Já o gêmeo **BI** mostrou um EEG de base mais ativo, ansioso. O nível de Teta é semelhante ao de SMR e Alfa, o aumento foi desproporcional nas ondas, o estímulo externo parece não ter diminuído a ansiedade dele.

Pode-se presumir que por meio do EEG verificou-se que a estimulação rica em integração sensorial favoreceu um aumento proporcional nas ondas, ao passo que na estimulação pobre a mudança foi desproporcional.

Na verdade, estes resultados coincidem com o estudo de outros autores como por exemplo, Magalhães & Lambertucci (2004); Baloueff (2002); Bear, Connors & Paradiso (2002); Morris(1998) que visualizaram a mesma perspectiva relacionada ao fator das experiências sensoriais fornecidas dentro do contexto de atividades adaptativas como fortalecedoras da integração sensorial e, portanto, da aprendizagem.

## **CONCLUSÃO**

Considerando-se os resultados da presente pesquisa, que correspondem aos efeitos da manipulação da variável carga de estímulos para integração sensorial, pode-se concluir que o programa de treinamento de alta carga de estimulação sensorial obteve um maior avanço no

nível de performance comparado ao programa treinamento de baixa demanda de integração. Embora as diferenças apontadas no comportamento das ondas corticais Alfa e SMR ( $p > 0,05$ ) não sejam suficientes para indicar significâncias estatísticas, a investigação ora concluída adiciona oportunos conhecimentos em termos do processamento mental sugerindo algumas possibilidades para novas formas de ensinar e reabilitar pessoas com o uso sistemático e educativo da integração sensorial. Estas conclusões podem ser de grande valia, tanto para profissionais da saúde, quanto educadores. Todavia, os conhecimentos gerados a partir desta pesquisa não devem ser considerados conclusivos. Integração sensorial, aprendizagem e atividade cortical são fenômenos associados aos atributos orgânicos do homem, os quais foram poucos explorados ainda em termos de pesquisa.

## REFERÊNCIA

ANNUNCIATO, N; OLIVEIRA, C. Influência da terapia sobre os processos Plásticos do Sistema Nervoso. In LIMA, C. L.; FONSECA, L. Paralisia cerebral: neurologia, ortopedia, reabilitação. Rio de Janeiro :Guanabara Koogan, 2004. p. 69.

BALLOUEFF, O. Integração sensorial. In: NEISTAD, M.; CREPEAU, E. Terapia ocupacional. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

BEAR, M.F.; CONNORS, B.W.; PARADISO, M.A. Neurociências: desvendando o sistema nervoso. Ed.2, Porto Alegre. Artmed, 2002. p.

BUNDY, A. C.; LANE, S. S. J.; MURRAY, E. A. Sensory integration: theory and practice. 2a ed. Philadelphia: F. A. DAVIS, 2002.

HATFIELD, B; HAUFLE, A; HUNG, T; SPALDING, T. Eletroencephalographic Studies of Skilled Psychomotor Performance. Journal of Clinical Neurophysiology. 2004. p. 144-156.

HAUFLE, A; SPALDING, D; SANTA MARIA, D, HATFIELD, B. Neuro-cognitive activity during a self-paced visuomotor task: comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters. Biological Psychology. 2000. p.131-160.

LENT, R. Cem Bilhões de Neurônios. Conceitos Fundamentais de Neurociência. Ed. Ateneu. São Paulo, 2001. p. 590-594.

LUFT, C e ANDRADE, A. A pesquisa com EEG aplicada a área de aprendizagem motora. Rev. Port. Ciên. Desp., jan. 2006, vol.6, nº1, p.106-115.

MAGALHÃES, L. C. Integração sensorial: da teoria a terapia. Arquivos de Neuro-Psiquiatria 2001: 83-5.

MARQUES, L.J.; SILVA, V.F.; SILVA, A.P.R.S.; ALBERGARIA, M.B. Padrão de atividade cortical ótima para aprendizagem hábil-motriz e cognitiva. Fitness & performance Journal, v.5, nº3,p.177-186, 2006.

MORRIS, R. The neuroscience of learning and memory: Cell neural circuits and behavior. Trends in Neuroscience, 11,1998. p. 125-127.

MAGALHÃES, L.; LAMBERTUCCI, M. Integração sensorial na criança com paralisia cerebral. In LIMA, C. L. Fonseca, L. Paralisia cerebral: Neurologia, Ortopedia, Reabilitação. Rio de Janeiro :Guanabara Koogan, 2004. p. 299-300.

SIEVER D. Audio-visual entrainment: History and physiological mechanisms. Biofeedback. 2003. p. 21-27.

TANI, G. Comportamento motor. Aprendizagem e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Guanabara/Kogan. 2005. p.17-18.

VERNON, D; EGNER, T; COOPER, N; COMPTON, T; NEILANDS C. The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. International Journal of Psychophysiology. 2003. p. 75-85.

Rua Laurindo Filho, 695, Cavalcante. Cep:21370-260. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
Telefone: (0xx21) 76494573  
e-mail: [reiscarla@iq.com.br](mailto:reiscarla@iq.com.br)