

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE BIOCIENTÍCIAS

**EFEITOS DA MANIPULAÇÃO DO ESTÍMULO VISUAL NO CONTROLE
POSTURAL NAS FAIXAS ETÁRIAS DE 4 A 14 ANOS DE IDADE**

DANIELA GODOI

RIO CLARO
ABRIL/2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

**EFEITOS DA MANIPULAÇÃO DO ESTÍMULO VISUAL NO CONTROLE
POSTURAL NAS FAIXAS ETÁRIAS DE 4 A 14 ANOS DE IDADE**

DANIELA GODOI

Orientador: PROF. DR. JOSÉ ANGELO BARELA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade – Área de Biodinâmica da Motricidade Humana.

RIO CLARO

ABRIL/2004

DEDICATÓRIA

**Aos meus pais, pelo apoio
incentivo e compreensão !**

AGRADECIMENTOS

Ao término de uma etapa tão importante, muitas são as pessoas a quem devo agradecer. Pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo. Agradeço...

À **DEUS**, a quem devo o dom da vida e sem o qual nada seria possível.

Aos **meus pais**, pela educação sólida que me deram, pelo apoio, incentivo e confiança que sempre depositaram em mim, e por viverem intensamente cada momento da minha vida.

Ao **meu irmão**, que é, antes de tudo, um grande amigo. É um exemplo a ser seguido e que, apesar da distância, está sempre pronto para me ajudar. **Fábio**, você é uma pessoa linda e pela qual tenho muita admiração e respeito.

Ao **Prof. Dr. José Angelo Barela**, que me orienta, no sentido mais amplo que esta palavra possa expressar, desde o segundo ano da graduação. Nestes vários anos de convívio, ele se tornou um grande AMIGO, com o qual aprendi muito e pretendo continuar aprendendo.

Aos Professores **Dr. Sérgio Tosi Rodrigues** e **Dr. Edison de Jesus Manoel**, pelas valiosas contribuições, tanto no Exame Geral de Qualificação quanto na Defesa Pública da Dissertação.

À Profa. **Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi**, pela significativa contribuição dada ao presente estudo no Exame Geral de Qualificação.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** pelo suporte financeiro (processo # 01/11846-0).

Ao Prof. **Dr. José Augusto Marcondes Agnelli**, do Departamento de Engenharia de Materiais - Universidade Federal de São Carlos, pela doação do material utilizado na confecção das rodas da sala móvel.

A todos os **participantes** do estudo, bem como seus **pais** ou **responsáveis**, pela paciência e disponibilidade.

Ao **Projeto de Extensão “Atletismo para Crianças e Jovens”**, sob responsabilidade da **Profa. Dra. Sara Quenzer Matthiesen**, especialmente à estagiária **Flórence**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

Ao **Projeto de Extensão “Iniciação à Ginástica Rítmica Desportiva”**, sob responsabilidade da **Profa. Dra. Sílvia Deutsch**, especialmente à estagiária **Lica**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

Ao **Projeto de Extensão “G.A. Crianças de 6 a 10 anos”**, sob responsabilidade da **Profa. Mônica M. Viviani Brochado**, especialmente ao estagiário **Tito**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

Ao **Projeto de Extensão “Futsal Masculino para a Comunidade”**, sob responsabilidade da **Prof. Dr. Sérgio Augusto Cunha**, especialmente ao estagiário **Fabinho**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

À **CASA D'AVÓ – Assistência à Criança Carente**, especialmente à **Débora e Eliana**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

À **EMEI “D. Pedro I”**, especialmente à diretora **Profa. Marina** e à coordenadora pedagógica **Profa. Adenir**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

À **CEMI “Comecinho de Vida”**, especialmente à coordenadora **Profa. Sandra** e às monitoras **Carol e Hosana**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

Aos colegas **Ellen e Bililo**, pelo auxílio na indicação de alguns participantes.

Ao meu primo Cláudio, pela amizade, pelo apoio e pelos conselhos.

À minha grande amiga Camila (Boa Vista), pelos vários momentos que compartilhamos desde o período da graduação.

Aos vários colegas que conheci durante todos estes anos de Unesp e com os quais aprendi muito: Kamila, Sanae, Marcelo (Samurai), Karen, Carolzinha, Mau, Tati, Flávia, Danilla, Jana Terra, Janaína, Wellington, Regina, Gustavo, Camila (Moraes), Gleber, Kiki, Beliche, Daniel (Gama), Juliana, Daniel (Moi) e tantos outros...

Às bibliotecárias e demais servidores da Unesp, que estão sempre prontos e dispostos a nos ajudar e orientar no que for preciso.

Aos meus amigos do LEM, com os quais passei bons momentos e que, de uma forma ou de outra, me ensinaram muito nestes vários anos de convívio. Aos lemianos que já se foram, Arenda, Josenaldo e Paula (Lima); aos “permanentes”, Aninha e Guilherme; e aos “atuais”: Ana Paula e Priscilla, que me “acolheram” na LEMpública; Thátia e Paulão, pela amizade e convívio desde o início do LEM; Adriana; Bibiana; Maria Solange; Aline; especialmente Paula, pelo auxílio nas coletas de dados e pelas conversas “profundas”; e, finalmente, Carol (e sua “pequena” família), pela grande colaboração na identificação de alguns participantes.

Finalmente, gostaria de agradecer àquele que sempre esteve comigo (mesmo quando não fisicamente ao meu lado) apoiando, ajudando, incentivando, aconselhando, torcendo por mim... Àquele que, antes de tudo, é um grande AMIGO e pelo qual eu tenho muito respeito, admiração e amor. Fabio, obrigado por tudo. Te Amo!!

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças, adolescentes e adultos jovens em função de alterações do estímulo visual. Sessenta participantes entre 4 e 14 anos e 10 adultos jovens permaneceram em pé dentro de uma sala móvel, olhando para um alvo afixado na parede frontal. A sala foi movimentada continuamente para frente e para trás nas freqüências de 0,1, 0,2, 0,5 e 0,8 Hz, com amplitudes de 2,0, 1,0, 0,4 e 0,25 cm, respectivamente, e velocidade de pico constante de 0,6 cm/s. A oscilação do tronco dos participantes e os deslocamentos da sala móvel foram obtidos através de emissores infravermelhos (OPTOTRAK) afixados na porção medial do tronco (altura da 8^a vértebra torácica) e na parede frontal da sala móvel, respectivamente, com uma freqüência de aquisição de 100 Hz. Os participantes permaneceram em pé dentro da sala em quatro diferentes distâncias da parede frontal: 25, 50, 100, e 150 cm. A fim de assegurar que os participantes estivessem realizando a tarefa, uma câmera de vídeo foi posicionada externamente na parte posterior da sala e forneceu informações dos participantes em tempo real. Cada participante realizou 17 tentativas com duração de 60 segundos cada. Inicialmente foi realizada uma tentativa sem movimento da sala, com os participantes posicionados a 100 cm da sala. Em seguida foram realizadas 16 tentativas, divididas em 4 blocos de 4 tentativas cada, em que a sala foi movimentada. Em cada bloco os participantes permaneceram em uma das quatro distâncias possíveis e realizaram uma tentativa em cada uma das quatro freqüências de movimentação da sala móvel. Tanto a ordem das tentativas dentro de cada bloco quanto a ordem dos blocos foram randômicas, definidas por sorteio. O relacionamento entre o movimento da sala e a oscilação corporal foi analisado por meio das variáveis coerência, ganho, fase relativa e desvio angular e o comportamento dos participantes, tanto nas tentativas em que a sala foi movimentada quanto naquelas em que ela não foi movimentada, foi analisado por meio das variáveis amplitude e freqüência média de oscilação. Os resultados revelaram que, quando a sala não foi movimentada, as crianças de 4 anos oscilaram mais que os demais participantes e que as crianças de 6 e 8 anos oscilaram mais que os adultos jovens, e todos os participantes apresentaram freqüências de oscilação ao redor de 0,2 Hz. O movimento da sala induziu oscilações corporais correspondentes em todos os participantes. Todos os participantes oscilaram em freqüências próximas às freqüências de oscilação da sala e, em relação à

amplitude média de oscilação, até os 10 anos as crianças oscilaram mais que os demais participantes. Embora nenhuma diferença tenha sido observada no padrão do relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal, o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal se tornou mais forte e estável e a influencia dos movimentos da sala sobre as oscilações corporais dos participantes diminuiu com o aumento da idade, em todas as condições. Até os 10 anos de idade a força e estabilidade do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal e a influência dos movimentos da sala sobre as oscilações corporais dos participantes foram dependentes da distância entre os participantes e a parede frontal da sala. A partir dos 12 anos de idade, nenhuma diferença foi observada entre estas distâncias. Dessa forma, é possível concluir que as mudanças comportamentais estão intimamente relacionadas com as mudanças no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal e são dependentes do contexto. Ainda, o sistema de controle postural de todos os participantes parece acoplar seu funcionamento aos mesmos parâmetros de posição e velocidade do estímulo visual, no entanto, até os 10 anos de idade os indivíduos não são capazes de alterar o funcionamento do sistema de controle postural a fim de se adaptar às alterações do estímulo sensorial decorrentes de alterações ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Percepção-Ação, Desenvolvimento Motor, Adaptação, Parâmetros, Sala Móvel.

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to examine the coupling between visual information and body sway in children, adolescents, and young adults with changing in the visual stimulus. Sixty 4 to 14-year-old participants and 10 young adults were asked to maintain the upright stance inside a moving room and to look at a target attached at the frontal wall. The moving room was oscillated continuously back and forward at frequencies of 0.1, 0.2, 0.5, and 0.8 Hz, with amplitudes of 2.0, 1.0, 0.4, and 0.25 cm, respectively, and constant peak velocity of 0.6 cm/s. Participant's trunk sway and moving room displacement were obtained through two IRED markers (OPTOTRAK) placed on the participant's back (at the 8th thoracic vertebra level) and on the frontal wall of the moving room, respectively, with a sampling rate of 100 Hz. The participants stood inside the moving room at four distances from the frontal wall: 25, 50, 100, and 150 cm. In order to assure participants to accomplish the task, a camera was externally placed on the frontal wall of the moving room and provided the participant's real time information. For each participant, 17 trials lasting 60 seconds were collected. The first trial was considered as a baseline and the room was not oscillated. After the first one, participants performed 16 trials, divided in four blocks with four trials. In each block, participants stood in one of the four distances and performed trials in each of the four moving room frequencies. The block order and frequencies order in each block were randomly defined. The relationship between room movement and body sway was examined through the variables coherence, gain, relative phase, and angular deviation, and the participants behavior was examined through the variables mean sway frequency and mean sway amplitude in both conditions with and without room movement. Results revealed that, when the room was not moved, 4-year-old children swayed more than other participants and 6- and 8-year-old children swayed more than young adults, and all age groups displayed sway frequency around 0.2 Hz. Visual information from a moving room induced body sway in all participants in all distances and frequencies. Body sway frequency of all age groups matched the moving room frequency, and, regarding the mean sway amplitude, 10-year-old and younger children swayed more than other participants. Although there was no difference in the temporal relationship pattern between visual information and body sway, the coupling between visual information and body sway became stronger and more stable and the room movement

influence became weaker with age in all conditions. Until 10 years of age, the coupling strength and stability between visual information and body sway and the room movement influence were distance dependent. From 12 years of age, no difference was found among the distances. Therefore, it can be concluded that behavioral changes are related to changes in the coupling between visual information and body sway and they are context dependent. In addition, the postural control system of all participants seems to couple to the same parameters of position and velocity of visual stimulus. However, until 10 years of age, the participants were not able to change the functioning of postural control system in order to accommodate to sensory stimulus changes due to environmental changes.

KEY WORDS: Action-Perception, Motor Development, Adaptation, Parameters, Moving Room.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
FIGURA 1. Vista frontal e lateral da sala móvel utilizada na situação experimental.....	39
FIGURA 2. Servo-motor e cilindro de um eixo acoplados à estrutura metálica da sala.....	39
FIGURA 3. Representação esquemática do posicionamento dos pés ao lado das fitas adesivas que demarcaram as distâncias entre o participante e a parede frontal da sala móvel.....	41
FIGURA 4. Vista externa da sala móvel mostrando a parede do fundo da sala com o suporte e a câmera de vídeo utilizada.....	41
FIGURA 5. Representação esquemática de todos os equipamentos utilizados neste estudo.....	42
FIGURA 6. Exemplos de séries temporais da oscilação corporal nas direções ântero-posterior (painéis a e b) e médio-lateral (painéis c e d) de uma criança de 4 anos (painéis a e c) e de um adulto jovem (painéis b e d) em uma tentativa em que a sala não foi movimentada.....	48
FIGURA 7. Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação nas direções ântero-posterior e médio lateral, para os sete grupos etários.....	48
FIGURA 8. Exemplos de séries temporais de uma criança de 4 anos ao longo de uma tentativa mostrando o movimento da sala e a oscilação corporal (painel a), a fase relativa entre o movimento da sala e a oscilação corporal (painel b) e o espectro da amplitude do movimento da sala e da oscilação corporal (painel c) em uma tentativa em que a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz e o participante permaneceu na distância de 25 cm. <u>Nota:</u> Nos painéis a e c a linha mais fina se refere ao movimento da sala e a linha mais grossa às oscilações corporais dos participantes.....	49

FIGURA 9. Exemplos de séries temporais de um adulto jovem ao longo de uma tentativa mostrando o movimento da sala e a oscilação corporal (painel a), a fase relativa entre o movimento da sala e a oscilação corporal (painel b), e o espectro da amplitude do movimento da sala e da oscilação corporal (painel c) em uma tentativa em que a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz e o participante permaneceu na distância de 25 cm. <u>Nota:</u> Nos painéis a e c a linha mais fina se refere ao movimento da sala e a linha mais grossa às oscilações corporais dos participantes.....	50
FIGURA 10. Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para os sete grupos etários.....	51
FIGURA 11. Médias e desvios padrão da freqüência média de oscilação, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para os sete grupos etários.....	52
FIGURA 12. Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para as quatro distâncias entre os participantes e a sala móvel (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm).....	53
FIGURA 13. Médias e desvios padrão da freqüência média de oscilação, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para as quatro distâncias entre os participantes e a sala móvel (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm).....	53
FIGURA 14. Médias e desvios padrão da coerência, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para os sete grupos etários.....	55
FIGURA 15. Médias e desvios padrão do ganho, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para os sete grupos etários.....	56

FIGURA 16. Médias e desvios padrão da coerência, nas quatro distâncias que os participantes ficaram da sala (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm), para os sete grupos etários.....	57
FIGURA 17. Médias e desvios padrão do ganho, nas quatro distâncias que os participantes ficaram da sala (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm), para os sete grupos etários.....	58
FIGURA 18. Médias e desvios padrão do ganho, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para as quatro distâncias entre os participantes e a sala móvel (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm).....	59
FIGURA 19. Médias e desvios padrão da fase relativa, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz).....	61
FIGURA 20. Médias e desvios padrão do desvio angular, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para os sete grupos etários.....	62
FIGURA 21. Médias e desvios padrão do desvio angular, nas quatro distâncias que os participantes ficaram da sala (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm), para os sete grupos etários.....	63
FIGURA 22. Médias e desvios padrão do desvio angular, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para as quatro distâncias entre os participantes e a sala móvel (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm).....	65

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1. Médias e desvios padrão da idade (em meses), massa (em quilogramas) e estatura (em centímetros) dos participantes dos sete grupos etários..... 37

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	19
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
3.1. DESENVOLVIMENTO DO CONTROLE POSTURAL	20
3.1.1. <i>Controle Postural</i>	23
3.2. CICLO PERCEPÇÃO-AÇÃO.....	26
3.3. DESENVOLVIMENTO DO CICLO PERCEPÇÃO-AÇÃO.....	31
4. MATERIAL E MÉTODO.....	37
4.1. PARTICIPANTES	37
4.2. PROCEDIMENTOS.....	38
4.3. TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....	43
4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	46
5. RESULTADOS.....	47
5.1. COMPORTAMENTO NAS TENTATIVAS SEM MOVIMENTO DA SALA MÓVEL.....	47
5.2. ACOPLAMENTO ENTRE O MOVIMENTO DA SALA MÓVEL E A OSCILAÇÃO CORPORAL.....	49
5.2.1. <i>Comportamento dos Participantes frente aos Movimentos da Sala Móvel</i>	50
5.2.2. <i>Relacionamento Espacial entre o Movimento da Sala e a Oscilação Corporal</i>	54
5.2.3. <i>Relacionamento Temporal entre o Movimento da Sala e a Oscilação Corporal</i>	60

6. DISCUSSÃO.....	66
6.1. MUDANÇAS DESENVOLVIMENTAIS NA OSCILAÇÃO CORPORAL.....	66
6.1.1. <i>Oscilação Corporal Na Ausência de Movimento da Sala.....</i>	67
6.1.2. <i>Oscilação Corporal Com o Movimento da Sala.....</i>	67
6.2. MUDANÇAS DESENVOLVIMENTAIS NO ACOPLAMENTO ENTRE INFORMAÇÃO VISUAL E OSCILAÇÃO CORPORAL.....	70
6.3. PROCESSOS ADAPTATIVOS.....	74
6.4. PARÂMETROS UTILIZADOS PELO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL.....	76
7. CONCLUSÃO.....	79
REFERÊNCIAS.....	81
ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	89
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO.....	90

1. INTRODUÇÃO

O controle postural é essencial para a aquisição e refinamento das habilidades motoras e várias mudanças têm sido observadas, tanto comportamentalmente quanto funcionalmente, no desempenho do controle postural, principalmente nos primeiros anos de vida (FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; RIACH; HAYES, 1987; RIACH; STARKES, 1994; USUI; MAEKAWA; HIRASAWA, 1995; WOOLLACOTT; DEBÛ; MOWATT, 1987). Assim, entender a natureza destas mudanças é fundamental para um melhor entendimento do desenvolvimento motor. No entanto, apesar de vários estudos terem como objetivo examinar as mudanças desenvolvimentais que ocorrem no sistema de controle postural, algumas questões ainda necessitam ser esclarecidas, tais como: quando estas mudanças desenvolvimentais ocorrem no sistema de controle postural? Principalmente, quais são os fatores associados a estas mudanças, ou seja, o que muda?

Na tentativa de entender estas questões, diferentes propostas têm sido utilizadas. A proposta de Woollacott e colegas (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985; WOOLLACOTT, 1988; WOOLLACOTT; DEBÛ; MOWATT, 1987), por exemplo, atribui estas mudanças observadas no sistema de controle postural às mudanças na predominância das informações sensoriais utilizadas pelo sistema de controle postural para controlar ou alcançar a postura desejada (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985). De acordo com esta proposta, portanto, haveria uma alternância na dominância de uma ou outra informação sensorial utilizada pelo sistema de controle postural, em que a visão seria dominante em relação às demais informações sensoriais entre os 2 e 5 anos de idade (WOOLLACOTT; DEBÛ; MOWATT, 1987) e nos períodos próximos aos marcos desenvolvimentais (WOOLLACOTT, 1988).

Entretanto, ao observar os vários estudos que objetivaram investigar a utilização da informação visual no controle postural em crianças (ASHMEAD; MCCARTY, 1991; BARELA; POLASTRI; GODOI, 2000; PORTFORS-YEOMANS; RIACH, 1995; PYYKKÖ; AALTO; HYTÖNEN; STARCK; JÄNTTI; RAMSAY, 1988; RIACH; STARKES, 1993; 1994) nota-se que não há um consenso quanto ao papel da visão no controle postural ao longo dos primeiros anos de vida.

Recentemente, tem sido sugerido que as diferenças observadas no funcionamento do sistema de controle postural ao longo dos anos podem ser decorrentes não apenas de alterações nos sistemas sensoriais e/ou nos sistemas de ação, mas também de alterações em como estes dois sistemas estão relacionados entre si, ou seja, decorrentes de alterações no acoplamento entre informação sensorial e ação motora. Neste sentido, as mudanças desenvolvimentais observadas no sistema de controle postural seriam decorrentes de mudanças no acoplamento entre informação sensorial e ação motora. Na tentativa de investigar este acoplamento, vários estudos envolvendo bebês (BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000), crianças (BARELA; JEKA; CLARK, 2003), adultos (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994; DIJKSTRA; SCHÖNER; GIESE; GIELEN, 1994) e idosos (FREITAS JÚNIOR, 2003; POLASTRI; BARELA; BARELA, 2001) têm sido realizados.

Estes estudos manipularam uma informação sensorial de modo a investigar a natureza da relação entre informação sensorial e ação motora e, de modo geral, observaram que bebês, crianças, adultos e idosos acoplam suas oscilações corporais à informação sensorial, mas com força e estabilidade temporal diferentes (por exemplo, BARELA; JEKA; CLARK, 2003). Ainda, foi observado que, quando o estímulo móvel é visual, o sistema de controle postural de adultos é sensível ao parâmetro de velocidade deste estímulo (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIESE; GIELEN, 1994) e, quando o estímulo móvel é somatossensorial, o sistema de controle postural de adultos é sensível não apenas ao parâmetro de velocidade (JEKA; SCHÖNER; DIJKSTRA; RIBEIRO; LACKNER, 1997) mas também ao parâmetro de posição (JEKA; OIE; SCHÖNER; DIJSKTRA; HENSON; 1998) deste estímulo.

Em relação às crianças, Barela, Jeka e Clark (2003) sugeriram que o sistema de controle postural de crianças também é sensível aos parâmetros de posição e velocidade do estímulo somatossensorial (BARELA; JEKA; CLARK, 2003). Por sua vez, no que se refere ao estímulo visual, ainda há dúvidas quanto aos parâmetros a que o sistema de controle postural de crianças é sensível. Dessa forma, ainda há muito a ser esclarecido no que se refere aos parâmetros do estímulo somatossensorial e, mais ainda, do estímulo visual a que o sistema de controle postural é sensível.

Tem sido demonstrado, ainda, que o funcionamento do sistema de controle postural de adultos não é passivamente dirigido pelo estímulo sensorial mas, ao contrário, que ele ativa e dinamicamente acopla suas oscilações ao estímulo sensorial (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994), alterando os parâmetros de seu funcionamento de modo a compensar qualquer alteração da informação sensorial. Em crianças, por sua vez, embora haja alguns indícios de adaptação (SCHMUCKLER, 1997), estes aspectos do funcionamento do sistema de controle postural infelizmente não têm sido investigados.

Como pôde ser observado, embora diversos estudos tenham sido realizados na tentativa de entender o acoplamento entre informação sensorial e ação motora, várias questões ainda necessitam ser esclarecidas. Os estudos existentes não foram capazes de precisar quando as crianças apresentam um acoplamento entre informação sensorial e ação motora tão forte e estável quanto o exibido por adultos jovens. Também não houve uma preocupação em investigar se as crianças acoplam à informação visual utilizando parâmetros do estímulo visual diferentes dos utilizados por adultos e, se este fosse o caso, quando elas começam a utilizar a informação visual de forma semelhante aos adultos jovens. Finalmente, parece não haver estudos que tenham investigado de forma mais direta a existência de comportamentos adaptativos no acoplamento entre informação visual e ação motora em crianças.

Dessa forma, o presente estudo foi desenvolvido na tentativa de responder estas questões uma vez que estas são de grande importância para o entendimento do desenvolvimento do sistema de controle postural e para a área de desenvolvimento motor como um todo.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do presente estudo foi:

Investigar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças, adolescentes e adultos jovens em função de alterações do estímulo visual.

Os objetivos específicos foram:

- 1) Examinar as alterações no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal, proveniente de uma sala móvel, nas faixas etárias de 4 a 14 anos de idade;
- 2) Examinar a influência da freqüência de movimentação de uma sala móvel no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal; e
- 3) Examinar a influência da manipulação da distância entre o participante e a parede frontal de uma sala móvel no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. DESENVOLVIMENTO DO CONTROLE POSTURAL

O controle postural é imprescindível para a aquisição e refinamento das habilidades motoras sendo, portanto, essencial para a realização das mais variadas atividades cotidianas. Várias mudanças são observadas no sistema de controle postural ao longo do ciclo desenvolvimental. Ao observar, por exemplo, um bebê que recentemente começou a ficar em pé independentemente e outro que já realiza esta tarefa há alguns meses nota-se que, no primeiro, há grande dificuldade em realizar a tarefa enquanto que, no segundo, a tarefa é realizada com desenvoltura. Da mesma forma, quando bebês ou mesmo crianças são comparados com adultos estas diferenças ficam ainda mais evidentes.

Vários estudos têm indicado mudanças desenvolvimentais no sistema de controle postural nos primeiros anos de vida (FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; RIACH; HAYES, 1987; RIACH; STARKES, 1994; USUI; MAEKAWA; HIRASAWA, 1995; WOLFF; ROSE; JONES; BLOCH; OEHLMERT; GAMBLE, 1998; WOOLLACOTT; DEBÛ; MOWATT, 1987). Comportamentalmente, observa-se uma maior oscilação corporal (FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; RIACH; HAYES, 1987), velocidade de oscilação (TAGUCHI; TADA, 1988) e área de oscilação (TAGUCHI; TADA, 1988; USUI; MAEKAWA; HIRASAWA, 1995; WOLFF; ROSE; JONES; BLOCH; OEHLMERT; GAMBLE, 1998) em crianças mais jovens, o que vai sendo reduzido com o passar dos anos. Entretanto, até por volta dos 10 anos de idade têm sido observadas diferenças no controle postural quando crianças e adultos são comparados (FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; STREEPEY; ANGULO-

KINZLER, 2002). Funcionalmente, nota-se que as crianças apresentam dificuldades para lidar com situações nas quais as informações sensoriais são conflitantes. Shumway-Cook e Woollacott (1985), por exemplo, têm sugerido que, entre os 4 e 6 anos de idade, há um período de transição em que as crianças começam a desenvolver a habilidade de resolver situações de conflito sensorial. Esta dificuldade pode ser decorrente, entre outras coisas, da forma como as crianças utilizam as informações sensoriais.

No que se refere à informação visual, vários estudos têm sido realizados objetivando examinar a utilização da informação visual no controle postural em crianças (ASHMEAD; MCCARTY, 1991; PORTFORS-YEOMANS; RIACH, 1995; RIACH; STARKES, 1993; 1994). Estes estudos revelaram diferenças no uso da visão ao longo da primeira década de vida. Segundo Ashmead e McCarty (1991), a visão não afeta o controle postural nos primeiros meses de vida já que crianças entre 12 e 14 meses foram capazes de permanecer na posição em pé em uma sala escura apresentando magnitudes de oscilações corporais semelhantes às verificadas nas situações em que a sala estava iluminada, ou seja, em que a visão estava disponível.

Entre os 2 e 4 anos de idade, a visão parece ser fundamental já que, nesta faixa etária, as crianças não conseguiram manter a postura ereta com os olhos fechados (RIACH; HAYES, 1987). No entanto, os resultados obtidos por Barela, Polastri e Godoi (2000), além de mostrarem que crianças nesta faixa etária conseguem manter a postura ereta sem informação visual, também revelaram que não há qualquer diferença entre as condições com e sem visão durante a manutenção da postura ereta nesta faixa etária. Estes autores realizaram um estudo em que crianças entre 2 e 6 anos, divididas em 5 grupos etários (2, 3, 4, 5 e 6 anos), deveriam manter a postura ereta nas condições com e sem visão e nenhuma diferença foi observada, nem entre as duas condições nem entre os grupos (BARELA; POLASTRI; GODOI, 2000). Da mesma forma, Portfors-Yeomans e Riach (1995) revelaram que a visão tem pouca importância para o desempenho do sistema de controle postural entre 4 e 5 anos de idade, voltando a ser importante aos 6 anos de idade e assim permanecendo por alguns anos. Neste estudo, Portfors-Yeomans e Riach (1995) instruíram indivíduos com idade variando entre 4 e 12 anos a permanecer em pé, ora com os olhos abertos, ora com os olhos fechados. Os autores encontraram uma maior magnitude de oscilação para a condição com os olhos fechados em todos os participantes, exceto nas crianças entre 4 e 5 anos, as quais não apresentaram diferença entre as duas condições (PORTFORS-YEOMANS; RIACH, 1995). Esta importância da visão após os 6 anos de idade não foi confirmada por Pyykkö, Aalto, Hytönen, Starck, Jäntti e Ramsay (1988) que observaram um quociente de Romberg igual a 1,0 em crianças com idade

variando entre 6 e 10 anos durante a manutenção da postura ereta. Este valor de Romberg significa que não houve diferença na magnitude da oscilação corporal com os olhos abertos e com os olhos fechados nesta faixa etária (PYYKKÖ; AALTO; HYTÖNEN; STARCK; JÄNTTI; RAMSAY, 1988).

Finalmente, num estudo mais abrangente, Taguchi e Tada (1988) investigaram não somente as mudanças desenvolvimentais observadas no controle postural mas também a utilização da informação visual pelo sistema de controle postural. Neste estudo, indivíduos com idades variando entre 4 e 29 anos, divididos em 6 grupos etários (4 a 6, 6 a 9, 9 a 12, 12 a 15, 15 a 18 e 18 a 29 anos), deveriam permanecer em pé ora com os olhos abertos ora com os olhos fechados. De maneira geral, os resultados revelaram uma maior área e velocidade de oscilação nos grupos mais jovens, o que foi reduzido e atingiu os mesmos valores observados em adultos por volta dos 12-15 anos. Ainda, os resultados não indicaram diferenças significativas entre os grupos etários para a razão entre oscilação corporal com os olhos fechados e oscilação corporal com os olhos abertos. Esta razão esteve por volta de 1,5, indicando que, em todos os grupos, as magnitudes de oscilação foram maiores na condição em que a visão não estava disponível quando comparadas à condição em que a visão estava disponível (TAGUCHI; TADA, 1988).

Como pôde ser notado nestes estudos, a literatura não é unânime quanto à importância visual em algumas faixas etárias. Um exemplo é o que ocorre com crianças por volta dos 4 anos de idade em que, para alguns autores (RIACH; HAYES, 1987), a informação visual é fundamental enquanto que, para outros, ela é considerada pouco importante (PORTFORS-YEOMANS; RIACH, 1995). Da mesma forma, entre os 7 e 12 anos, a visão é considerada ora importante (PORTFORS-YEOMANS; RIACH, 1995) ora não importante (PYYKKÖ; AALTO; HYTÖNEN; STARCK; JÄNTTI; RAMSAY 1988) para a manutenção da postura. Diante destas contradições, fica evidente que ainda não há consenso quanto ao uso da informação visual dos primeiros anos de vida até o início da adolescência.

Dessa forma, embora as mudanças desenvolvimentais pelas quais o sistema de controle postural passa tenham sido objeto de investigação de vários estudos, algumas questões ainda persistem. Por exemplo, quando estas mudanças desenvolvimentais ocorrem no sistema de controle postural? Quando as crianças atingem os mesmos níveis de desempenho observados em adultos? Principalmente, quais são os fatores que estariam associados a estas mudanças, ou seja, o que é que desenvolve?

Uma proposta que tem sido utilizada para entender estas questões é a de Woollacott e colegas (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985; WOOLLACOTT; DEBÛ;

MOWATT, 1987; WOOLLACOTT, 1988). De acordo com esta proposta, as mudanças observadas ao longo do ciclo desenvolvimental seriam resultado de mudanças na predominância das informações sensoriais que são utilizadas pelo sistema de controle postural a fim de alcançar a postura desejada (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985). Assim, com o passar dos anos, haveria alternância na dominância de uma ou outra informação sensorial utilizada pelo sistema de controle postural. Esta proposta sugere, por exemplo, que entre os 2 e 5 anos de idade a visão é dominante em relação às demais informações sensoriais (WOOLLACOTT; DEBÚ; MOWATT, 1987) e, ainda, que há uma forte dependência da visão nos períodos em que os bebês aprendem a sentar, engatinhar e ficar em pé (WOOLLACOTT, 1988).

Embora esta proposta tenha norteado vários estudos e tenha sido utilizada para explicar as mudanças desenvolvimentais no sistema de controle postural, recentemente a mesma tem sido questionada (BARELA, 1997; BARELA; JEKA; CLARK, 1999; 2003). Entretanto, antes de apresentar alguns dos questionamentos, uma breve explanação sobre como o funcionamento do sistema de controle postural era tradicionalmente entendido e como ele é visto atualmente é apresentada.

3.1.1. Controle Postural

As teorias mais antigas de controle postural sugeriam que o controle da postura era alcançado por meio de uma série de respostas motoras, resultado de atividade reflexiva (REED, 1989). As bases neurais para o desenvolvimento do controle postural eram descritas através de um modelo de controle do sistema nervoso central denominado hierárquico (WOOLLACOTT; SHUMWAY-COOK; NASHNER, 1986). Neste modelo, os mecanismos do sistema nervoso responsáveis pelo controle motor seriam subdivididos em componentes funcionais, organizados de maneira hierárquica. Os possíveis níveis de controle postural seriam o sistema de reflexos medulares, o sistema de respostas posturais automáticas e o mecanismo integrativo usado nas informações dos sistemas sensoriais, do mais baixo para o mais alto, respectivamente (WOOLLACOTT; SHUMWAY-COOK; NASHNER, 1986).

Recentemente, a visão denominada de sistêmica tem sido a mais utilizada para descrever as bases neurais para o funcionamento do sistema de controle postural. Este modelo entende o sistema de controle postural como parte de um conjunto complexo e flexível de sistemas e subsistemas e, a partir de uma complexa interação destes, é que o controle postural emerge (WOOLLACOTT; SHUMWAY-COOK, 1990). O sistema de controle postural deixa de ser considerado como tendo um funcionamento estático, apenas como resultado da soma de

caminhos neurais paralelos e hierárquicos, e passa a ser entendido de uma maneira dinâmica, ou seja, decorrente de uma complexa interação de múltiplos sistemas, tais como a integração sensorial e a coordenação multiarticular, influenciadas por alterações ambientais e restrições biomecânicas dos sistemas músculo-esqueléticos (HORAK; MACPHERSON, 1996). O resultado do controle postural necessita ser entendido, portanto, como um comportamento que emerge de um contínuo e dinâmico relacionamento entre informação sensorial e ação motora (BARELA, 1997).

Horak e Macpherson (1996) sugeriram que o sistema de controle postural possui dois objetivos comportamentais: a orientação postural e o equilíbrio postural. A orientação postural refere-se à posição dos segmentos corporais em relação aos demais segmentos e em relação ao ambiente; e o equilíbrio postural é o estado em que todas as forças que atuam sobre o corpo estão balanceadas de modo a manter o corpo na posição e orientação desejadas (HORAK; MACPHERSON, 1996). Estes dois objetivos comportamentais são alcançados pelo sistema de controle postural por meio de um contínuo e dinâmico relacionamento entre informação sensorial e ação motora. As informações sensoriais forneceriam informações sobre a posição e as forças atuando nos segmentos corporais e, com base nestas informações, atividade motora ocorreria para alcançar ou manter uma orientação e equilíbrio posturais.

No que se refere às informações sensoriais utilizadas pelo sistema de controle postural, elas são provenientes principalmente de três sistemas sensoriais: visual, vestibular e somatossensorial. Cada um destes sistemas fornece informações únicas uma vez que cada classe de receptor possui características próprias e opera adequadamente dentro de um alcance específico de frequência e amplitude de movimento corporal. Fitzpatrick e McCloskey (1994), observaram que, quando as informações visuais ou somatossensoriais estiveram disponíveis, os indivíduos perceberam movimentos de amplitude similar aos percebidos quando todas as informações sensoriais estiveram disponíveis. Por outro lado, quando apenas a informação vestibular esteve disponível, a velocidade e amplitude dos movimentos tiveram que ser muito maiores para que o movimento fosse percebido; o limiar de percepção de movimento sobre o eixo do tornozelo foi muito maior para a informação vestibular que os limiares para as informações visual ou somatossensorial. Ainda, estes autores observaram que, quando mais de uma modalidade sensorial estava disponível, os indivíduos tiveram um desempenho semelhante às condições em que somente a modalidade sensorial com maior sensibilidade estava disponível. Dessa forma, os autores sugeriram que, quando múltiplas informações sensoriais estão disponíveis, todas as informações, exceto a mais sensível, são redundantes

(FITZPATRICK; MCCLOSKEY, 1994). Diener e Dichgans (1988) observaram, ainda, que quando perturbações de baixa freqüência são aplicadas à postura ereta, todas as informações sensoriais foram essenciais para a manutenção da postura em adultos.

Além de cada classe de receptor operar adequadamente dentro de um alcance específico de freqüência e amplitude de movimento, cada classe de receptor também possui características próprias em virtude da especificidade de seus receptores. Cada modalidade sensorial possui um conjunto de receptores distinto não apenas no que se refere à forma e/ou função, mas também no que se refere à região em que estão localizados. Além disso, cada receptor sensorial e neurônio sensorial primário podem ser ativado somente por um estímulo específico, que tem efeito sobre uma área circunscrita do campo receptivo em que este receptor está localizado (KANDEL; SCHWARTZ; JESSEL, 1991; 1995). Toda esta abundância de informações é que permite ao indivíduo resolver conflitos sensoriais em situações de ambigüidade através da integração destas informações.

Assumindo que esta integração sensorial não é a mera soma das informações provenientes de cada sistema sensorial, mas sim de uma dinâmica reorganização da importância destas informações (HORAK; MACPHERSON, 1996), a dificuldade das crianças em lidar com informações conflitantes pode residir não apenas na dificuldade em utilizar as informações sensoriais, como sugerido pela proposta de Woollacott e colegas (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985; WOOLLACOTT, 1988; WOOLLACOTT; DEBÚ; MOWATT, 1987). As crianças podem ter dificuldades em integrar adequadamente as informações sensoriais, as ações motoras e/ou ambas de modo a controlar ou alcançar a postura desejada.

Nesta nova abordagem, portanto, a informação sensorial influencia a realização das ações motoras relacionadas ao controle postural e estas influenciam, simultaneamente, a obtenção de informação sensorial (BARELA, 2000). Assim, não há uma simples relação de causa e efeito entre as informações sensoriais e ações motoras e, portanto, mais do que um relacionamento, há um acoplamento entre estes elementos. Nesta visão, não apenas as informações sensoriais influenciam as ações motoras, mas também estas ações influenciam a captação das informações sensoriais. Dessa forma, o chamado padrão (SCHÖNER, 1991) ou ciclo (BARELA, 1997) percepção-ação é formado. Cabe ressaltar, ainda, que não basta haver um acoplamento entre informação sensorial e ação motora para que o controle postural seja alcançado; também é preciso que este seja coerente e estável (BARELA, 1997; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001; BARELA; JEKA; CLARK, 1999; 2003). Dessa forma, o objetivo do ciclo percepção-ação é manter a relação entre a pessoa e o ambiente o mais estável possível para que o controle postural seja alcançado (BARELA, 2000).

De acordo com esta nova proposta, portanto, as diferenças observadas no funcionamento do sistema de controle postural em crianças podem ser decorrentes não apenas de alterações nos sistemas sensoriais e/ou sistemas de ação, mas de alterações no acoplamento entre informação sensorial e ação motora, em outras palavras, de alterações no ciclo percepção-ação.

3.2. CICLO PERCEPÇÃO-AÇÃO

Uma maneira de estudar o acoplamento entre percepção e ação é manipular a informação fornecida a um sistema sensorial e verificar as respostas motoras. Esta abordagem foi elegantemente utilizada para verificar a influência da informação visual no controle postural a partir dos estudos pioneiros de Lee e colaboradores (LEE; LISHMAN, 1975; LISHMAN; LEE, 1973), sendo denominada de paradigma da sala móvel. Neste paradigma, a orientação postural e o equilíbrio postural são influenciados a partir do movimento de paredes e/ou teto de uma sala independentemente do piso. O deslocamento da sala altera a imagem projetada na retina criando a ilusão de oscilação corporal. Assim, quando a sala se aproxima do indivíduo, a imagem desta sala projetada na retina aumenta dando a impressão ao indivíduo de que ele oscilou para frente, o que o faz realizar contrações musculares adequadas para que desloque o corpo para trás. Da mesma forma, quando a sala se afasta, a imagem projetada na retina diminui criando a ilusão de que o indivíduo deslocou para trás e, através de contrações musculares adequadas, ele desloca seu corpo para frente.

Após os estudos pioneiros de Lee e colaboradores (LEE; LISHMAN, 1975; LISHMAN; LEE, 1973), o paradigma da sala móvel foi extensivamente utilizado em bebês (BETENTHAL; BAI, 1989; BUTTERWORTH; HICKS, 1977; DELORME; FRIGON; LAGACÉ, 1989; HIGGINS; CAMPOS; KERMOIAN, 1996; LEE; ARONSON, 1974), crianças (por exemplo, SCHMUCKLER, 1997), adultos e idosos (WADE; LINDQUIST; TAYLOR; TRET-JACOBSON, 1995). De maneira geral, estes estudos objetivavam examinar a influência da informação visual na manutenção da posição sentada ou em pé nestas diferentes populações. Lee e Aronson (1974), por exemplo, realizaram um estudo com sete bebês, com idades variando entre 13 e 16 meses, no qual objetivaram determinar se a informação visual já seria utilizada para o controle da postura nos primeiros meses de vida. Para isto, os bebês foram posicionados em pé dentro de uma sala móvel suspensa por quatro cordas e que era movimentada manualmente para frente e para trás. Os resultados revelaram que os bebês oscilaram ou caíram na mesma direção do

movimento da sala na maioria (82%) das tentativas, levando os autores a concluir que os bebês utilizam a informação visual para a manutenção da sua postura (LEE; ARONSON, 1974).

Alguns anos mais tarde, Butterworth e Hicks (1977) questionaram se a informação visual era utilizada apenas para a manutenção da posição em pé ou se esta informação também seria utilizada pelos bebês antes deles adquirirem a habilidade de ficar em pé independente. A fim de investigar esta questão os autores realizaram dois experimentos nos quais bebês foram posicionados dentro de uma sala móvel com rodas, possibilitando que ela fosse movimentada manualmente para frente e para trás. No primeiro experimento, bebês entre 12,5 e 17 meses de idade permaneceram em pé dentro da sala móvel e, no segundo experimento, um grupo de bebês com idade média de 10,9 meses e outro com idade média de 15,8 meses permaneceram sentados dentro da sala móvel. Os resultados mostraram que, nos dois experimentos, os bebês apresentaram, na maioria das tentativas, respostas na mesma direção em que a sala foi movimentada. A partir destes resultados, os autores concluíram que a informação visual é utilizada por bebês tanto para a manutenção da posição sentada quanto da posição em pé (BUTTERWORTH; HICKS, 1977).

Além da influência da informação visual na manutenção da posição sentada ou em pé independente, esta influência também foi investigada durante a manutenção da posição em pé com apoio (DELORME; FRIGON; LAGACÉ, 1989). Neste estudo, Delorme, Frigon e Lagacé (1989) posicionaram bebês e crianças com idade variando entre 7 e 48 meses de idade dentro de uma sala móvel sobre um equipamento com um anteparo em forma de "T", que permitia aos bebês e às crianças apoiar com as duas mãos. A sala móvel foi movimentada para frente e para trás por meio de um motor elétrico em uma freqüência aproximada de 0,5 Hz e os resultados revelaram que a maioria das crianças oscilou na mesma freqüência em que a sala foi movimentada (DELORME; FRIGON; LAGACÉ, 1989).

Alguns estudos objetivaram examinar, ainda, a sensibilidade dos indivíduos ao fluxo ótico (BETENTHAL; BAI, 1989; HIGGINS; CAMPOS; KERMOIAN, 1996; STOFFREGEN; SCHMUCKLER; GIBSON, 1987). Nestes estudos foi observado, de modo geral, que os bebês de 7 meses de idade respondem somente ao movimento de toda a sala (fluxo ótico global) enquanto que os bebês de 8 meses de idade respondem tanto ao movimento da sala toda quanto aos movimentos independentes das paredes laterais (fluxo ótico periférico) e da parede frontal (fluxo ótico central) da sala (BETENTHAL; BAI, 1989; HIGGINS; CAMPOS; KERMOIAN, 1996). Ainda, há consenso quanto à sensibilidade dos bebês de 9 meses de idade ao fluxo global (BETENTHAL; BAI, 1989; HIGGINS; CAMPOS; KERMOIAN, 1996), porém, há divergências se eles são sensíveis ao fluxo periférico (HIGGINS; CAMPOS; KERMOIAN, 1996)

ou ao fluxo central (BERTENTHAL; BAI, 1989). Do primeiro ao quinto ano de vida as crianças respondem aos fluxos global e periférico (BERTENTHAL; BAI, 1989; STOFFRENGEN; SCHMUCKLER; GIBSON, 1987), embora Stoffrengen, Schmuckler e Gibson (1987) tenham encontrado que entre 1 e 2 anos de idade as crianças também respondem ao fluxo central.

Recentemente, Schmuckler (1997) investigou a influência da informação visual em crianças mais velhas, focando principalmente sobre os componentes de amplitude, freqüência e tempo das respostas posturais. Neste estudo, crianças de 3 a 6 anos de idade permaneceram em pé dentro de uma sala móvel que foi movimentada manualmente para frente e para trás nas freqüências de 0,2 Hz, 0,4 Hz, 0,6 Hz e 0,8 Hz e, haja vista que a sala foi movimentada manualmente, amplitude aproximadamente constante entre 10 e 12 centímetros. Os principais resultados indicaram que as crianças foram influenciadas pelos movimentos da sala em todas as freqüências em que esta foi movimentada, já que elas oscilaram na mesma freqüência em que a sala foi movimentada. Ainda, à medida que a freqüência de movimentação da sala aumentou, também foram observados aumentos tanto na amplitude das respostas posturais como no atraso temporal entre a informação visual e as respostas posturais (SCHMUCKLER, 1997).

Como pôde ser observado, os estudos acima relacionados objetivaram apenas verificar a influência da informação visual no sistema de controle postural e, em alguns casos, a sensibilidade dos indivíduos ao fluxo ótico (parcial ou global). Eles não procuraram investigar a natureza da relação entre informação sensorial e ação motora, nem dentro de uma perspectiva desenvolvimental, nem em relação ao funcionamento do sistema de controle postural. Não houve, por exemplo, preocupação em identificar as propriedades do estímulo a que o sistema de controle postural é sensível ou, ainda, em determinar se estas propriedades são alteradas ao longo do tempo.

Na tentativa de entender o relacionamento entre informação sensorial e ação motora nas situações em que o ciclo percepção-ação é formado, Schöner (1991) sugeriu um modelo matemático teórico no qual procurou descrever a influência da informação visual na ação motora, verificada nas situações em que o paradigma da sala móvel tem sido utilizado. O modelo proposto foi baseado na teoria dinâmica sobre coordenação de movimentos, especificamente, nos conceitos de dinâmica intrínseca e de informação comportamental (SCHÖNER, 1990; SCHÖNER; KELSO, 1988a; SCHÖNER; KELSO, 1988b; SCHÖNER; KELSO, 1988c). A dinâmica intrínseca se refere ao comportamento do sistema na sua forma preferida de atuação, neste caso, na ausência de influências ambientais na forma de informação. Por outro lado, a informação comportamental seria qualquer aspecto, neste caso informacional,

que provoque alteração no comportamento do sistema, levando-o a atuar em regimes diferentes daqueles preferidos. Um dos aspectos centrais do modelo proposto por Schöner (1991) diz respeito à estabilidade temporal do ciclo percepção-ação. A estabilidade temporal refere-se à habilidade do sistema em sustentar um padrão de relacionamento face às flutuações do ambiente ou de retornar a este padrão após perturbações, o que, no caso do ciclo percepção-ação, poderia indicar a força do acoplamento entre informação sensorial e ação motora.

As previsões de Schöner (1991) foram testadas experimentalmente (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994) utilizando uma sala móvel virtual (projeção de pontos em uma tela, que expandiam e contraíam) que apresentava estímulos em uma freqüência de 0,2 Hz, com amplitude de 4 cm. Os participantes adultos permaneceram em pé distantes 50 cm da tela (medindo 2,0 m de altura e 2,5 m largura) em que os pontos eram projetados mas a distância entre os participantes e a tela foi virtualmente manipulada criando a ilusão de que os participantes estavam posicionados a diferentes distâncias (25, 50, 100 e 200 cm) da tela. Esta manipulação buscou testar a previsão central do modelo proposto por Schöner (1991) de que a estabilidade temporal do ciclo percepção-ação diminui à medida que a distância entre o indivíduo e o estímulo aumenta. Os resultados corroboraram esta previsão indicando que, com o aumento da distância, a força do acoplamento entre informação sensorial e ação motora diminui. Apesar da diminuição da força deste acoplamento com o aumento da distância, surpreendentemente a oscilação corporal induzida pelo movimento da sala virtual não diminuiu com o aumento da distância, contrariando uma outra previsão do modelo. Dijkstra, Schöner e Gielen (1994) sugeriram que o funcionamento do controle postural não é passivamente dirigido pela expansão da imagem na retina mas, contrariamente, que ele é ativa e dinamicamente gerado pelo sistema, que alteraria os parâmetros de seu funcionamento frente às alterações do estímulo projetado na retina.

Em estudo complementar, Dijkstra, Schöner, Giese e Gielen (1994) mantiveram a velocidade de variação do estímulo visual e a distância entre o participante e a tela constantes e variaram a freqüência do estímulo (0,05 Hz, 0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,3 Hz, 0,4 Hz e 0,5 Hz). Os resultados indicaram que a dinâmica intrínseca do funcionamento do sistema de controle postural pode ser alterada pela informação comportamental, uma vez que a freqüência de oscilação corporal variou conforme a freqüência do estímulo visual. Ainda, com base no ganho e no relacionamento temporal entre o estímulo visual e a oscilação corporal, os autores verificaram novamente características dinâmicas no relacionamento entre informação sensorial e ação motora. O ganho não foi dependente da freqüência do estímulo enquanto que

a fase relativa diminuiu com o aumento da freqüência do estímulo. Esta dependência da fase relativa da freqüência do estímulo poderia ser interpretada como indícios de que o sistema de controle postural pode ser descrito por um sistema linear passivamente dirigido. No entanto, ao contrário do predito pelo modelo de Schöner (1991), o desvio angular foi dependente da freqüência do estímulo já que o acoplamento entre estímulo visual e a oscilação corporal foi mais estável nas freqüências intermediárias (0,2 Hz e 0,3 Hz) do que nas freqüências mais baixas e mais altas. Portanto, com base nestes resultados, os autores sugeriram que a oscilação corporal é ativamente gerada já que ela não apenas reflete as propriedades do estímulo visual. Parece, segundo os autores, que os parâmetros do estímulo visual, tais como freqüência e amplitude, podem ser incorporados pelo sistema postural (provavelmente por meio de adaptação) de modo que este sistema gere oscilações corporais condizentes com as propriedades do estímulo visual. Finalmente, com base na comparação qualitativa dos resultados experimentais com os resultados obtidos a partir da modelagem da oscilação corporal, utilizando o modelo matemático teórico proposto por Schöner (SCHÖNER, 1991), os autores sugeriram que o sistema de controle postural acopla seu funcionamento dinamicamente à velocidade do estímulo visual (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIESE; GIELEN, 1994).

Além do paradigma da sala móvel, um outro paradigma, denominado de paradigma da ‘sala móvel’ somatossensorial, tem sido utilizado na tentativa de entender o relacionamento entre informação sensorial e ação motora. Este paradigma teve origem nos estudos de Jeka e Lackner (1994; 1995) nos quais estes autores foram capazes de separar o suporte mecânico, proporcionado pelo contato com uma superfície rígida, das informações somatossensoriais proporcionadas por tal contato. Este paradigma consiste de uma barra de toque estacionária na qual os indivíduos tocam com o dedo indicador durante a manutenção da postura ereta. O toque é realizado em duas condições distintas: uma em que a força aplicada não pode exceder 1N e outra em que não há limite para aplicação de força. Os resultados têm revelado uma redução tanto nas oscilações corporais (JEKA; LACKNER, 1994; 1995) quanto nas atividades EMG dos músculos envolvidos na manutenção da postura (JEKA; LACKNER, 1995) nas condições em que o toque é realizado em comparação com as condições em que ele não é realizado.

Posteriormente, o deslocamento da barra de toque foi acrescentado a este paradigma, originando o paradigma da ‘sala móvel’ somatossensorial. Neste paradigma, assim como no paradigma da sala móvel, a orientação postural e o equilíbrio postural são influenciados, mas agora a influência é em virtude do deslocamento da barra de toque, que cria a ilusão de oscilação corporal. Assim, quando a barra se aproxima do indivíduo, este tem

a impressão de que ele oscilou em direção à barra, o que o faz realizar contrações musculares adequadas para que desloque o corpo em direção contrária à barra. Da mesma forma, quando a barra se afasta, o indivíduo tem a impressão de que foi ele que se afastou da barra e, através de contrações musculares adequadas, ele desloca seu corpo em direção à barra. Vários estudos têm utilizado este paradigma (BARELA, 1997; BARELA; JEKA; CLARK, 2003; JEKA; OIE; SCHÖNER; DIJSKTRA; HENSON, 1998; JEKA; SCHÖNER; DIJKSTRA; RIBEIRO; LACKNER, 1997) também com o objetivo de entender a natureza da relação entre informação sensorial e ação motora a partir do modelo matemático teórico proposto por Schöner (1991). De maneira geral, estes estudos têm observado que o movimento da barra induz oscilações corporais correspondentes a este movimento tanto em crianças (BARELA, 1997; BARELA; JEKA; CLARK, 2003) quanto em adultos (JEKA; OIE; SCHÖNER; DIJSKTRA; HENSON, 1998; JEKA; SCHÖNER; DIJKSTRA; RIBEIRO; LACKNER, 1997). Estes estudos revelaram ainda, após comparação dos resultados experimentais com os resultados do modelo matemático teórico (Schöner, 1991), que o sistema de controle postural de adultos é sensível não apenas ao parâmetro de velocidade (JEKA; SCHÖNER; DIJKSTRA; RIBEIRO; LACKNER, 1997) mas também ao parâmetro de posição (JEKA; OIE; SCHÖNER; DIJSKTRA; HENSON; 1998) do estímulo somatossensorial. Estes resultados são particularmente interessantes já que quando o estímulo visual foi manipulado (no caso do paradigma da sala móvel) o sistema de controle postural mostrou-se sensível apenas ao parâmetro de velocidade do estímulo (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIESE; GIELEN, 1994).

3.3. DESENVOLVIMENTO DO CICLO PERCEPÇÃO-AÇÃO

Com base nas mesmas premissas do modelo proposto por Schöner (1991), o desenvolvimento do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal tem sido verificado em bebês (BARELA; FREITAS JÚNIOR; GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003), crianças (BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001; BARELA; JEKA; CLARK, 2003), adultos (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2002) e idosos (POLASTRI; BARELA; BARELA, 2001).

Estes estudos utilizaram salas móveis (visual ou somatossensorial) controladas precisamente por sistemas de servo-mecanismo, o que permitiu uma análise cuidadosa do relacionamento entre informação sensorial e oscilação corporal. Barela, Jeka e Clark (2003), por exemplo, realizaram um estudo em que crianças de 4, 6 e 8 anos de idade e adultos permaneceram em pé com os olhos fechados, enquanto tocavam levemente (força inferior a

1,0 N) uma barra. Esta barra foi movimentada na direção médio-lateral em três freqüências distintas (0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz) e com a velocidade de pico sendo mantida constante em 0,33 cm/s, já que Jeka, Schöner, Dijkstra, Ribeiro e Lackner (1997) sugeriram que o sistema de controle postural é sensível à velocidade do estímulo somatossensorial. Os resultados revelaram que o movimento da barra induziu oscilações corporais correspondentes em todos os grupos. Ainda, como os valores obtidos para as variáveis ganho e fase foram semelhantes em crianças e adultos, os autores sugeriram que as crianças são sensíveis aos parâmetros posição e velocidade do estímulo somatossensorial (BARELA; JEKA; CLARK, 2003), assim como já havia sido observado em adultos (JEKA; OIE; SCHÖNER; DIJSKTRA; HENSON, 1998).

Os estudos envolvendo o paradigma da sala móvel visual também manipularam a freqüência de movimentação da sala (0,2 Hz e 0,5 Hz) e mantiveram a velocidade de pico constante, já que Dijkstra, Schöner, Giese e Gielen (1994) sugeriram que o sistema de controle postural é sensível à velocidade do estímulo visual. Da mesma forma como observado nos estudos envolvendo o paradigma da sala móvel somatossensorial, os resultados revelaram que os participantes, sejam eles bebês (BARELA; FREITAS JÚNIOR; GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003), crianças (BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001; BARELA; JEKA; CLARK, 2003), adultos ou idosos (POLASTRI; BARELA; BARELA, 2001), oscilam em freqüências próximas à freqüência de movimentação da sala. Surpreendentemente, no entanto, foi observado que tanto os bebês quanto as crianças acoplaram suas oscilações corporais aos movimentos da sala mais fortemente quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz (BARELA; FREITAS JÚNIOR; GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003).

Como esta diferença na força do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal nas freqüências de 0,2 Hz e 0,5 Hz não foi verificada em adultos e idosos (POLASTRI; BARELA; BARELA, 2001), Barela, Godoi, Freitas Júnior e Polastri (2000) sugeriram que o sistema de controle postural de bebês e crianças acopla seu funcionamento a outros parâmetros do estímulo visual além da velocidade, como por exemplo, à posição do estímulo visual. Isto porque, se o sistema de controle postural de bebês e crianças acoplasse seu funcionamento apenas à velocidade do estímulo seria esperado que os bebês e as crianças apresentassem um acoplamento entre informação visual e oscilação corporal semelhante nas duas freqüências manipuladas, já que a velocidade foi a mesma para as duas freqüências, mas

não foi o que aconteceu. Entretanto, há muitas dúvidas no que se refere aos parâmetros utilizados pelo sistema de controle postural de crianças já que não há estudos que tenham abordado profundamente esta questão em crianças. O estudo que mais se aproximou desta questão foi o de Barela, Jeka e Clark (2003), quando os autores, ao comparar os padrões de ganho e fase relativa apresentados por crianças e adultos, sugeriram que o sistema de controle postural das crianças também é sensível aos parâmetros de posição e velocidade do estímulo somatossensorial (BARELA; JEKA; CLARK, 2003).

Barela, Jeka e Clark (2003) observaram ainda que, embora o movimento da barra tenha induzido oscilações corporais correspondentes tanto nas crianças quanto nos adultos, as crianças apresentaram uma maior variabilidade quando comparadas aos adultos. Os autores atribuíram esta maior variabilidade observada nas crianças a duas fontes de ruído. A primeira fonte seria decorrente do ruído inerente aos comandos enviados à musculatura periférica e a segunda fonte residiria na dificuldade das crianças em estimar o estado interno (posição e velocidade) da posição corporal. Assim, para estes autores, a maior variabilidade no acoplamento entre informação sensorial e ação motora observada em crianças pode ser decorrente de dificuldades em balancear a importância das informações sensoriais de diferentes origens de modo a gerar uma estimativa interna de orientação corporal precisa (BARELA; JEKA; CLARK, 2003). Esta dificuldade das crianças em utilizar ajustes posturais antecipatórios, de modo *feedforward*, também foi observado em outros estudos envolvendo tarefas distintas (ASSAIANTE; WOOLLACOTT; AMBLARD, 2000; HAY; REDON, 2001; LEDEBT; BRIL; BRENIÈRE, 1998; SCHMITZ; MARTIN; ASSAIANTE, 1999; 2002; VAN DER HEIDE; OTTEN; VAN EYKERN; HADDERS-ALGRA, 2003; WITHERINGTON; HOFSTEN; ROSANDER; ROBINETTE; WOOLLACOTT; BERTENTHAL, 2002;).

Schmitz, Martin e Assaiante (1999), por exemplo, realizaram um estudo em que crianças com idades entre 3,5 e 4,5 anos deveriam permanecer sentadas em uma cadeira com um peso afixado no braço esquerdo, que estava apoiado sobre o braço da cadeira. Os resultados revelaram que, quando o peso foi retirado voluntariamente pela criança, a amplitude angular máxima do cotovelo esquerdo foi significativamente menor que a exibida quando o peso foi retirado inesperadamente pelo experimentador. Ainda, nas condições em que o peso foi retirado voluntariamente pela criança, a amplitude máxima do cotovelo correspondeu a 33% da amplitude máxima do cotovelo apresentada nas condições em que o peso foi retirado inesperadamente pelo experimentador. Como em adultos estes valores estão próximos a 16% (DUFOSSE; HUGON; MASSION, 1985), os autores sugeriram que, embora os

ajustes posturais antecipatórios estejam presentes nas crianças deste estudo, eles ainda não estão totalmente desenvolvidos (SCHMITZ; MARTIN; ASSAIANTE, 1999).

Ledebt, Bril e Brenière (1998), por sua vez, estavam preocupados em precisar quando as crianças seriam capazes de apresentar ajustes posturais antecipatórios a fim de facilitar o início da passada. Para isto, realizaram um estudo em que crianças de 2,5, 4, 6 e 8 anos de idade deveriam realizar uma seqüência de 2 ou 3 passos sobre uma plataforma de força. Todas as crianças exibiram mudanças posteriores do centro de pressão antes do início da passada, entretanto, as mudanças laterais do centro de pressão apareceram consistentemente somente a partir dos 6 anos de idade (LEDEBT; BRIL; BRENIÈRE, 1998). Assim, embora todas as crianças tenham apresentados ajustes em preparação ao início da passado, o padrão destes ajustes diferiu entre os grupos. Em um estudo mais abrangente, Hay e Redon (2001) instruíram crianças entre 3 e 10,5 anos de idade e adultos a permanecerem em pé e, quando solicitado, a elevarem os braços até que eles ficassem aproximadamente paralelos ao solo. Esta tarefa foi realizada ora com um peso preso ao punho dos participantes, ora sem peso algum. Os resultados revelaram que todos os participantes exibiram deslocamentos do centro de pressão em preparação para a elevação dos braços, mas o padrão destes deslocamentos variou em função da idade. Enquanto as crianças com idade entre 3 e 5 anos deslocaram repentinamente o centro de pressão anteriormente e, em seguida, posteriormente, as crianças entre 6 e 10,5 anos de idade e os adultos iniciaram um gradual deslocamento posterior do centro de pressão. Os autores distinguiram ainda, três modos distintos de coordenação entre o movimento e o controle postural ao longo das idades: um apresentado pelas crianças entre 3 e 5 anos de idade, outro, pelas crianças entre 6 e 10,5 anos e, finalmente, o exibido pelos adultos (HAY; REDON, 2001).

Embora estes vários estudos sobre o uso da informação de modo prospectivo possibilitem entender alguns aspectos do desenvolvimento do controle motor em crianças, várias dúvidas e questões necessitam ser respondidas. Na verdade, o entendimento destas questões também se faz necessário em adultos. De maneira geral, os estudos sobre controle postural discutidos anteriormente (por exemplo, DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994; DIJKSTRA; SCHÖNER; GIESE; GIELEN, 1994) observaram que o sistema de controle postural dos adultos jovens tem sua dinâmica intrínseca alterada em função de variações no parâmetro de velocidade do estímulo visual e, ainda, que ele altera os parâmetros de seu funcionamento a fim de minimizar possíveis alterações das informações presentes no ambiente. Recentemente, estes resultados foram discutidos com maiores detalhes por Schöner, Dijkstra e Jeka (1998) pormenorizando os processos adaptativos verificados no funcionamento do

sistema de controle postural de adultos. Entretanto, há muito ainda por ser respondido, como por exemplo, como as informações provenientes de diversas fontes de informação sensorial são utilizadas pelo indivíduo. Como o sistema de controle postural integra adequadamente todas estas informações, principalmente, nas situações em que as mudanças em um dado canal sensorial não são acompanhadas por mudanças em outro canal sensorial (OIE; KIEMEL; JEKA, 2001; 2002).

Cabe ressaltar que, no presente estudo, os processos adaptativos são entendidos da mesma forma que em estudos realizados com adultos (por exemplo, DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994; DIJKSTRA; SCHÖNER; GIESE; GIELEN, 1994). Neste sentido, os processos adaptativos são alterações no funcionamento do sistema de controle postural de modo a compensar alterações e/ou degradações das informações disponíveis no ambiente.

Infelizmente, se estes processos adaptativos não estão esclarecidos em adultos, a situação é ainda pior no que se refere à ocorrência dos mesmos desenvolvimentalmente. Apesar disso, há algumas indicações de adaptação em crianças (SCHMUCKLER, 1997) quando o paradigma da sala móvel visual foi utilizado para investigar as respostas posturais de crianças com idades entre 3 e 6 anos frente à informação visual. Num primeiro experimento, a sala móvel foi manualmente movimentada para frente e para trás nas freqüências de 0,2 Hz, 0,4 Hz, 0,6 Hz e 0,8 Hz, e com uma amplitude aproximadamente constante entre 10 e 12 cm. Foram realizadas 10 tentativas com 15 segundos de duração, divididas em dois blocos. Em cada bloco foram realizadas 5 tentativas, uma em cada freqüência de movimentação da sala e uma sem movimentação da sala. Os resultados indicaram que as crianças foram influenciadas pelos movimentos da sala em todas as freqüências já que elas oscilaram em freqüências próximas às freqüências em que a sala foi movimentada. Mais interessante, no entanto, foi a constatação de uma redução nos valores de amplitude média de oscilação do primeiro bloco de tentativas para o segundo o que, segundo o autor, sugere algum tipo de adaptação postural decorrente da exposição prolongada à situação da sala móvel. Num segundo experimento o autor objetivou examinar a capacidade das crianças em modular suas respostas posturais. Para isto, a sala foi movimentada nas mesmas freqüências do experimento anterior, porém, em uma mesma tentativa, ela foi movimentada em duas freqüências diferentes. As tentativas tinham 20 segundos de duração sendo os 10 segundos iniciais em uma freqüência e os próximos 10 segundos em outra freqüência. Os resultados revelaram que a freqüência de oscilação das crianças variou em função da freqüência de movimentação da sala (SCHMUCKLER, 1997). Assim, as crianças foram capazes de alterar os parâmetros de funcionamento do sistema de

controle postural de modo a gerar oscilações em freqüências próximas à freqüência do estímulo, mesmo quando esta freqüência foi alterada no meio da tentativa.

Estes resultados são interessantes pois revelam que as crianças apresentam algum tipo de adaptação. Cabe ressaltar, no entanto, que os parâmetros de amplitude e velocidade utilizados neste estudo são altos em comparação com os parâmetros utilizados atualmente, o que poderia levar o sistema de controle postural a atuar em regimes diferentes. Isto porque o sistema de controle postural pode utilizar modos de controle diferentes dependendo se o estímulo móvel é percebido como movimento do próprio indivíduo ou como movimento do objeto (SCHÖNER; DIJKSTRA; JEKA, 1998). A mesma ressalva deve ser feita para alguns dos estudos anteriormente citados (BARELA; FREITAS JÚNIOR; GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003) uma vez que estes estudos também utilizaram valores altos de amplitude e velocidade de movimentação da sala móvel.

Tendo em vista os resultados observados em estudos relacionados com bebês e crianças, em que mudanças desenvolvimentais foram observadas, tanto comportamentalmente como no funcionamento do sistema de controle postural, algumas questões surgem e necessitam ser esclarecidas, tais como: 1) As diferenças observadas entre crianças e adultos são decorrentes de diferenças no acoplamento entre informação sensorial e ação motora? 2) Ainda, crianças acoplam à informação visual utilizando parâmetros do estímulo visual diferentes dos utilizados por adultos? 3) Se este for o caso, quando crianças começam a utilizar a informação visual de forma semelhante aos adultos? 4) As crianças também apresentam os comportamentos adaptativos no acoplamento entre informação visual e ação motora observados em adultos?

O presente estudo buscou responder estas questões ao examinar as alterações no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal, proveniente de uma sala móvel, nas faixas etárias de 4 a 14 anos de idade; a influência da freqüência de movimentação de uma sala móvel no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal; e a influência da manipulação da distância entre o participante e a parede frontal de uma sala móvel no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal. Estas questões foram verificadas através da manipulação das idades dos participantes, das freqüências de oscilação da sala móvel e das distâncias em que os participantes estiveram posicionados em relação à sala móvel, como é melhor descrito a seguir.

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1. PARTICIPANTES

Participaram deste estudo sessenta crianças e adolescentes e dez adultos jovens. As crianças e os adolescentes foram divididos em 6 grupos etários: 4, 6, 8, 10, 12 e 14 anos de idade, sendo a composição de cada grupo determinada por uma variação de 6 meses para mais e para menos da idade determinada (\pm 6 meses). O grupo dos adultos jovens foi constituído por alunos de graduação e pós-graduação do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Rio Claro. As médias e desvios padrão da idade, massa e estatura são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Médias e desvios padrão da idade (em meses), massa (em quilogramas) e estatura (em centímetros) dos participantes dos sete grupos etários.

Grupos Etários	Idade (meses)		Massa (kg)		Estatura (cm)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
4 anos	49,1	4,3	18,7	4,3	104,5	5,6
6 anos	73,2	4,5	25,3	7,4	119,2	6,7
8 anos	96,9	3,7	27,3	5,0	126,7	4,5
10 anos	118,5	2,6	33,4	8,5	135,0	5,9
12 anos	147,1	2,7	51,6	7,3	156,1	4,8
14 anos	170,5	4,3	59,8	11,1	164,6	6,7
Adultos Jovens	270,2	29,2	64,0	12,4	168,2	11,4

A escolha das faixas etárias deste estudo baseou-se em algumas evidências presentes na literatura. O grupo de 4 anos foi o grupo mais jovem por considerar que as

crianças desta idade seriam as mais jovens capazes de entender a tarefa e, consequentemente, de realizá-la da maneira solicitada. Os grupos de 6 e 8 anos foram incluídos já que mudanças abruptas foram verificadas no controle postural dos 5 e 6 anos para os 7 e 8 anos (WOLFF; ROSE; JONES; BLOCH; OEHLMERT; GAMBLE, 1998). Da mesma forma, em virtude de alguns estudos reportarem que em situações mais difíceis as crianças de 10 anos de idade ainda apresentam comportamentos diferentes dos apresentados por adultos (FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; STREEPEY; ANGULO-KINZLER, 2002), um grupo de 10 anos também foi incluído. Finalmente, os grupos de 12 e 14 anos foram incluídos pois há indícios de que por volta dos 12 e 13 anos de idade os indivíduos começam a exibir comportamentos semelhantes aos adultos durante a manutenção da postura ereta (TAGUCHI; TADA, 1988).

Todos os participantes compareceram ao Laboratório para Estudos do Movimento (LEM), Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências, UNESP – Campus de Rio Claro e, no caso das crianças e dos adolescentes, foram acompanhados dos pais ou responsáveis. Neste local os participantes, ou responsáveis, foram informados acerca dos procedimentos experimentais aos quais seriam submetidos e assinaram um Termo de Consentimento (APÊNDICE A), devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências – UNESP – Campus de Rio Claro (ANEXO A).

4.2. PROCEDIMENTOS

Após um período de adaptação ao ambiente do LEM, os participantes foram convidados a iniciar os procedimentos experimentais. Assim, eles foram instruídos a permanecer em pé dentro de uma “sala móvel”, com os braços posicionados ao lado do corpo, o mais estático possível.

A sala móvel é constituída de uma armação de ferro em formato cúbico, revestida por madeira na parte posterior, nas laterais e no teto, com dimensões de 2,1 x 2,1 x 2,1 m (altura, largura e comprimento). Esta sala possui rodas de *nylon* em sua parte inferior que são posicionadas sobre trilhos de ferro possibilitando movimentos para frente e para trás, independente da superfície onde o participante está posicionado. As paredes internas da sala são pintadas de branco com faixas pintadas em preto formando listras verticais com aproximadamente 22 cm de largura e distantes entre si aproximadamente 42 cm, o que propicia maior contraste no ambiente. Na parte superior da sala (teto), aproximadamente no centro, está afixada uma lâmpada fluorescente compacta de 20 Watts que permaneceu acesa

durante todo o experimento, garantindo assim o mesmo nível de iluminação dentro da sala móvel entre as tentativas e entre os participantes. A Figura 1 apresenta as vistas frontal e lateral da sala móvel.



Figura 1: Vista frontal e lateral da sala móvel utilizada na situação experimental.

O movimento da sala foi produzido e controlado por um sistema de servo-mecanismo. Este sistema é composto por um controlador (Compumotor – Mod. APEX 6151), um servo-motor (Compumotor – Mod. N0992GR0NMSN) e um cilindro de um eixo (Mod. EC3-X3xxn-10004A-MS1-MT1M) que conecta a estrutura da sala móvel ao motor. Todo este sistema é controlado por programas específicos para este fim (Compumotor – Motion Architect for Windows). A Figura 2 apresenta uma foto do servo-motor e do cilindro de um eixo acoplados à estrutura metálica da sala móvel.



Figura 2: Servo-motor e cilindro de um eixo acoplados à estrutura metálica da sala móvel.

Através deste sistema de servo-mecanismo, a sala móvel foi movimentada continuamente para frente e para trás nas freqüências de 0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz, com amplitudes de 2 cm, 1 cm, 0,4 cm e 0,25 cm, respectivamente, e com velocidade de pico

mantida constante em 0,6 cm/s. A sala foi movimentada em movimento sinosoidal durante 60 segundos, que correspondeu à duração de cada tentativa. A escolha das freqüências de movimentação da sala foi em virtude das freqüências de 0,2 Hz e 0,5 Hz estarem próximas à freqüência natural de oscilação (SOAMES; ATHA, 1982) e das freqüências de 0,1 Hz e 0,8 Hz estarem fora do espectro das freqüências de oscilação preferidas pelo sistema de controle postural.

Um emissor de raios infravermelhos do sistema OPTOTRAK (OPTOTRAK 3020 – Northern Digital Inc.) de análise de movimento foi afixado na porção medial do tronco (altura da 8^a vértebra torácica, entre as escápulas) dos participantes para registro tridimensional das oscilações corporais dos participantes. Um outro emissor do sistema OPTOTRAK foi afixado na parte posterior da sala móvel para registro de seus movimentos. Para aquisição das informações referentes aos emissores posicionados no participante e na sala móvel, a unidade do OPTOTRAK com as câmeras foi posicionada a 2,4 m da frente da sala móvel e a freqüência de aquisição dos dados foi de 100 Hz. Os emissores forneceram informação sobre, respectivamente, a oscilação corporal dos participantes e o movimento da sala móvel, nas direções ântero-posterior e médio-lateral.

A distância entre o participante e a parede frontal da sala foi manipulada com o intuito de verificar a influência desta distância na geração de respostas posturais quando o participante foi submetido à informação visual proveniente do movimento da sala. Esta manipulação buscou, portanto, verificar se as crianças apresentariam os processos adaptativos no funcionamento do sistema de controle postural observados em adultos por Dijkstra, Schöner, Giese e Gielen (1994) e por Freitas Júnior e Barela (2002). Para isso, foram demarcadas quatro distâncias entre o participante e a parede posterior da sala. As distâncias foram 25, 50, 100 e 150 cm, que são as mesmas utilizadas por Dijkstra, Schöner e Gielen (1994), exceto a última (originalmente 200 cm) que foi substituída por 150 cm em virtude de limitações do tamanho da sala móvel. Como já mencionado, a sala móvel deste estudo possui 2,1 m de comprimento e, portanto, se os participantes fossem colocados a 200 cm do fundo da sala eles ficariam quase fora desta, o que poderia torná-los suscetíveis a interferências visuais externas à sala. As distâncias entre o participante e a sala foram demarcadas por fitas adesivas afixadas no chão da sala.

Durante cada tentativa, o participante deveria manter uma postura relaxada, com os braços ao longo do corpo e com a ponta dos pés sobre uma das fitas adesivas que demarcavam a distância. O posicionamento dos pés em relação à fita adesiva é apresentado na Figura 3. Ainda, foi solicitado aos participantes que olhassem para um alvo posicionado na

parede frontal da sala, que foi afixado na altura dos olhos de cada participante. Em virtude da participação de crianças este alvo foi uma figura infantil, medindo 10 cm X 10 cm, para que elas se motivassem em olhar para o fundo da sala.

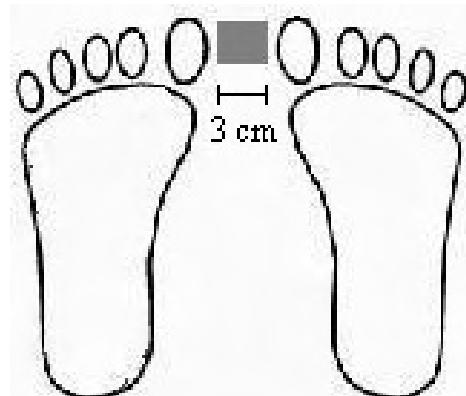


Figura 3: Representação esquemática do posicionamento dos pés ao lado das fitas adesivas que demarcaram as distâncias entre o participante e a parede frontal da sala móvel.

A fim de garantir que os participantes estivessem realizando a tarefa, uma câmera de vídeo (Panasonic - Mod. WV-CL350) foi posicionada externamente na parte posterior da sala e capturou imagens dos participantes através de um orifício com 6 cm de diâmetro criado nesta parede. Estas imagens foram gravadas e monitoradas em tempo real pelo experimentador por meio de um aparelho televisor e de um vídeo cassete posicionados próximos ao local onde o experimentador controlava os demais equipamentos. A Figura 4 apresenta uma vista da parte de trás da sala móvel, onde a câmera foi afixada.



Figura 4: Vista externa da sala móvel mostrando a parede do fundo da sala com o suporte e a câmera de vídeo utilizada.

Tendo em vista os vários equipamentos que foram utilizados neste estudo, a Figura 5 apresenta uma representação esquemática de todos estes equipamentos a fim de facilitar o entendimento.

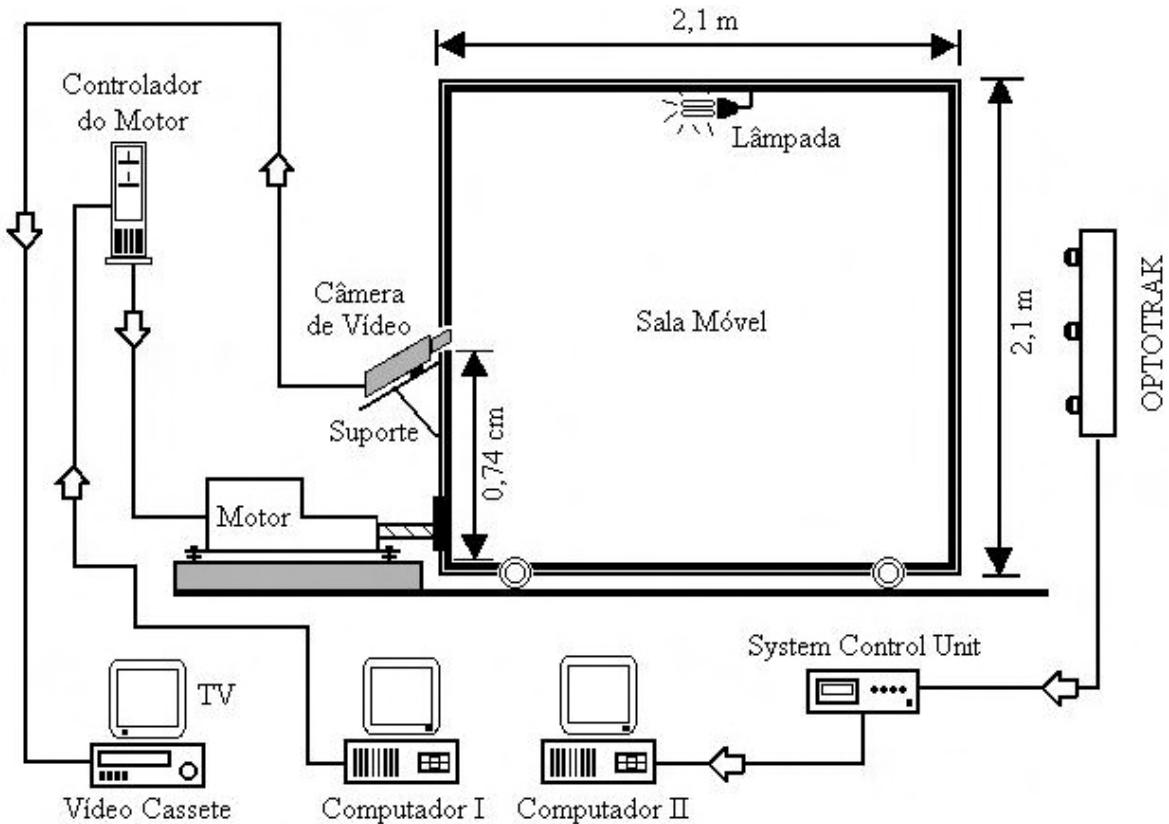


Figura 5: Representação esquemática de todos os equipamentos utilizados neste estudo.

Durante o experimento, cada participante realizou 17 tentativas com duração de 60 segundos cada. Inicialmente foi realizada uma tentativa sem movimento da sala em que os participantes foram posicionados a 100 cm da sala. Em seguida foram realizadas 16 tentativas, divididas em 4 blocos de 4 tentativas cada, em que a sala foi movimentada. Em cada bloco os participantes permaneceram em uma das quatro distâncias possíveis e realizaram uma tentativa em cada uma das quatro freqüências de movimentação da sala móvel. Tanto a ordem das tentativas dentro de cada bloco quanto a ordem dos blocos foram randômicas, definidas por sorteio. Caso o participante não tivesse realizado a tarefa em uma tentativa, esta era repetida ao final. O intervalo entre as tentativas foi de cerca de 30 segundos e entre os blocos, de aproximadamente 2 minutos. Entretanto, sempre que necessário, o experimentador permitiu um tempo maior de descanso entre as tentativas e/ou blocos a fim de garantir a atenção dos participantes.

Tendo em vista que o conhecimento do movimento da sala influencia o acoplamento entre informação visual e oscilações corporais (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2002), ao final de cada sessão experimental foi perguntado aos participantes se eles haviam notado algo de diferente durante a realização dos procedimentos experimentais. De todos os

participantes, apenas quatro participantes (dois pertencentes ao grupo de 14 anos e dois pertencentes ao grupo de adultos jovens) verbalizaram que a sala se movimentou e, por isso, eles foram descartados das análises e substituídos por outros participantes.

4.3. TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados da oscilação corporal do participante e da movimentação da sala foram armazenados em formato binário e posteriormente transformados para arquivos em formato texto (Ascii). Após este procedimento, os dados contidos nos arquivos foram analisados por meio de programas escritos em linguagem MATLAB (versão 5.3 - Math Works Inc.), adaptados de um programa original (“RelPhase.Box¹”).

Em virtude de alguns participantes não realizarem a tarefa, algumas tentativas precisaram ser refeitas e, por isso, alguns participantes realizaram mais de dezessete tentativas. No entanto, de todas as tentativas realizadas pelos participantes, somente dezessete tentativas (uma em cada condição possível) para cada participante foram selecionadas para análise. Ainda, através da observação das imagens registradas pela câmera posicionada atrás da sala e das anotações feitas nas fichas de coleta, apenas os momentos em que os participantes permaneceram em pé olhando para a sala móvel e sem realizar movimentos bruscos ou retirar os pés da posição estabelecida por, no mínimo, 30 segundos consecutivos foram considerados válidos para as análises. Assim, das 1190 tentativas possíveis de serem selecionadas, apenas 90 tentativas (7,56%) não atenderam os critérios e tiveram alguns segundos excluídos das análises. Destas, 87 foram tentativas em que a sala foi movimentada e 3 foram tentativas em que a sala não foi movimentada. Das 87 tentativas em que a sala foi movimentada, 28 tentativas tiveram entre 30 e 39 segundos de duração, 28 tentativas tiveram entre 40 e 49 segundos de duração e 31 tentativas tiveram entre 50 e 59 segundos de duração. Ainda, destas tentativas em que a sala foi movimentada, 31 tentativas eram de participantes do grupo de 4 anos, 11 eram de participantes do grupo de 6 anos, 16 eram de participantes do grupo de 8 anos, 14 eram de participantes do grupo de 10 anos, 6 eram de participantes do grupo de 12 anos, 8 eram de participantes do grupo de 14 anos e 1 era de um participante do grupo de adultos jovens. Das 3 tentativas em que a sala não foi movimentada, todas eram de participantes do grupo de 4 anos, sendo 1 tentativa com 40 segundos de duração e 2 tentativas com 50 segundos de duração.

¹ RelPhase.box é um programa escrito em linguagem Matlab (Math Works) por T. M. H. Dijkstra.

O relacionamento entre o movimento da sala e a oscilação corporal foi analisado por meio das medidas: coerência, ganho, fase relativa e desvio angular da fase relativa. A coerência é uma medida que avalia a força do relacionamento entre o movimento da sala e a oscilação corporal, e foi calculada nas respectivas freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz ou 0,8 Hz). A coerência é um número real entre 0 e 1 definida como:

$$\text{Coer\^encia} = \frac{|P_{xy}(w)|^2}{P_{xx}(w) P_{yy}(w)}$$

onde: $x(t)$ corresponde à posição da sala, $y(t)$ corresponde à posição da oscilação corporal, $P_{xy}(w)$ é a correlação entre os sinais $x(t)$ e $y(t)$, $P_{xx}(w)$ e $P_{yy}(w)$ são auto-correlações de $x(t)$ e $y(t)$, respectivamente; todos calculados a uma dada freqüência w . Valores de coerência próximos a 1 indicam que os dois sinais (x e y) são fortemente dependentes, enquanto que valores de coerência próximos a 0 (zero) indicam que estes sinais não apresentam qualquer tipo de dependência.

O ganho corresponde à razão entre a amplitude do espectro do movimento da sala móvel e a amplitude do espectro da oscilação corporal, e também foi calculado nas respectivas freqüências de apresentação do estímulo. Valores de ganho próximos a 1 indicam que a amplitude das oscilações corporais tem a mesma magnitude da amplitude do movimento da sala na freqüência específica. Valores menores ou maiores que 1 indicam que a amplitude das oscilações corporais é menor ou maior, respectivamente, que a amplitude do movimento da sala, na freqüência específica.

A fase relativa fornece informação sobre o relacionamento temporal entre os movimentos gerados pela sala móvel e as oscilações corporais. Para o cálculo da fase relativa, os pontos extremos da posição e da velocidade do estímulo (posição da sala) e da resposta (oscilação corporal) foram determinados. A diferença temporal entre eles foi computada e então dividida pelo período que a sala necessitou para concluir um ciclo de oscilação. O valor desta divisão foi multiplicado por 360 graus, convertendo assim, os valores de fase relativa em graus. Finalmente foi calculada a média para estes valores, o que constituiu a fase relativa entre o movimento da sala e as oscilações corporais dos participantes. Valores positivos ou negativos da fase relativa indicam que as oscilações corporais dos participantes estão adiantadas ou atrasadas, respectivamente, em relação ao movimento da sala.

O desvio angular é o desvio padrão dos valores médios da fase relativa sendo, portanto, uma medida de estabilidade do relacionamento entre os movimentos gerados pela sala móvel e as respostas posturais desencadeadas pelo movimento da sala. Quanto menor o valor do desvio angular, maior a estabilidade do relacionamento temporal entre o movimento da sala e as oscilações corporais dos participantes e, da mesma forma, quanto maior o valor do desvio angular, menor a estabilidade deste relacionamento.

O comportamento dos participantes perante a movimentação da sala também foi avaliado por meio de duas variáveis descritivas: a freqüência e a amplitude média de oscilação. A freqüência média de oscilação foi calculada obtendo a média dos períodos de cada ciclo, dentro de uma tentativa, identificados através de uma análise residual que aponta qual a freqüência onde os picos de oscilação corporal se encontram no espectro e, então, obtendo o inverso de cada período ($F=1/T$: onde F é a freqüência e T o período). Para o cálculo da amplitude média de oscilação um polinômio de primeira ordem foi subtraído dos sinais de cada tentativa. Após esta subtração, o desvio padrão dos valores de oscilação corporal foi calculado, constituindo a amplitude média de oscilação.

Tendo em vista que estudos anteriores (DIAS, 2001; BARELA; JEKA; CLARK, 2003; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003) têm observado um fraco acoplamento entre a informação sensorial e as respostas posturais na direção diferente da direção em que o estímulo (visual ou somatossensorial) foi movimentado, tanto as variáveis que analisaram o relacionamento entre informação visual e oscilação corporal quanto as que analisaram o comportamento dos participantes perante a movimentação da sala foram consideradas apenas na direção ântero-posterior já que esta foi a direção de movimento da sala móvel.

O comportamento dos participantes nas tentativas em que a sala não foi movimentada também foi avaliado por meio das variáveis descritivas freqüência e amplitude média de oscilação. Para o cálculo da freqüência média de oscilação foram realizadas análises de densidade espectral (PSD - Método Welch, segmento de 1024 e sobreposição de 50%) a fim de determinar as freqüências que compunham a oscilação corporal nas direções ântero-posterior e médio-lateral, com resolução de 0,09 Hz. A freqüência média de oscilação correspondeu à freqüência em 50% da área total do espectro. Para o cálculo da amplitude média de oscilação um polinômio de primeira ordem foi subtraído dos sinais de cada tentativa. Após esta subtração, o desvio padrão dos valores de oscilação corporal foi calculado, o que constituiu a amplitude média de oscilação. Estas variáveis que analisaram o

comportamento dos participantes nas tentativas em que a sala não foi movimentada foram consideradas tanto na direção ântero-posterior quanto na direção médio-lateral.

4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A fim de investigar o comportamento dos participantes perante a movimentação da sala foram realizadas três análises de multivariância (MANOVAs) $7 \times 4 \times 4$ (grupos x freqüências x distâncias), sendo os dois últimos fatores tratados como medidas repetidas. A primeira MANOVA teve como variáveis dependentes a amplitude e a freqüência média de oscilação, a segunda MANOVA teve como variáveis dependentes a coerência e o ganho e a terceira MANOVA teve como variáveis dependentes a fase relativa e o desvio angular. Para investigar o comportamento dos participantes na ausência de movimento da sala foi realizada uma análise de multivariância (MANOVA) 7×2 (grupos x direção), tendo como variáveis dependentes a amplitude e freqüência média de oscilação.

Quando houve necessidade, testes de análises univariadas e testes *Post hoc* utilizando ajustes de Bonferroni foram realizados. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SPSS (SPSS para Windows – versão 6.1 – SPSS, inc) e o valor de alfa foi mantido em 0,05.

5. RESULTADOS

Para facilitar o entendimento dos resultados, estes serão apresentados em duas partes. Inicialmente serão apresentados os resultados referentes às tentativas em que a sala móvel não foi movimentada e, posteriormente, serão apresentados os resultados referentes às tentativas em que a sala móvel foi movimentada. Nesta segunda parte, os resultados são ainda subdivididos em três partes. Assim, primeiramente serão apresentados os resultados relativos ao comportamento dos participantes frente à movimentação da sala móvel, em seguida, os resultados referentes ao relacionamento espacial entre o movimento da sala e as oscilações corporais dos participantes e, finalmente, os resultados referentes ao relacionamento temporal entre o movimento da sala e as oscilações corporais dos participantes.

5.1. COMPORTAMENTO NAS TENTATIVAS SEM MOVIMENTO DA SALA MÓVEL

O comportamento dos participantes nas tentativas em que a sala não foi movimentada foi verificado por meio das variáveis descritivas amplitude e freqüência média de oscilação. De maneira geral, os resultados indicaram que as crianças mais jovens oscilaram mais quando comparadas às crianças mais velhas, aos adolescentes e aos adultos jovens e, em relação à freqüência média de oscilação, todos os participantes apresentaram valores ao redor de 0,2 Hz. A Figura 6 apresenta exemplos de séries temporais das oscilações corporais de uma criança de 4 anos e de um adulto jovem, nas direções ântero-posterior e médio-lateral.

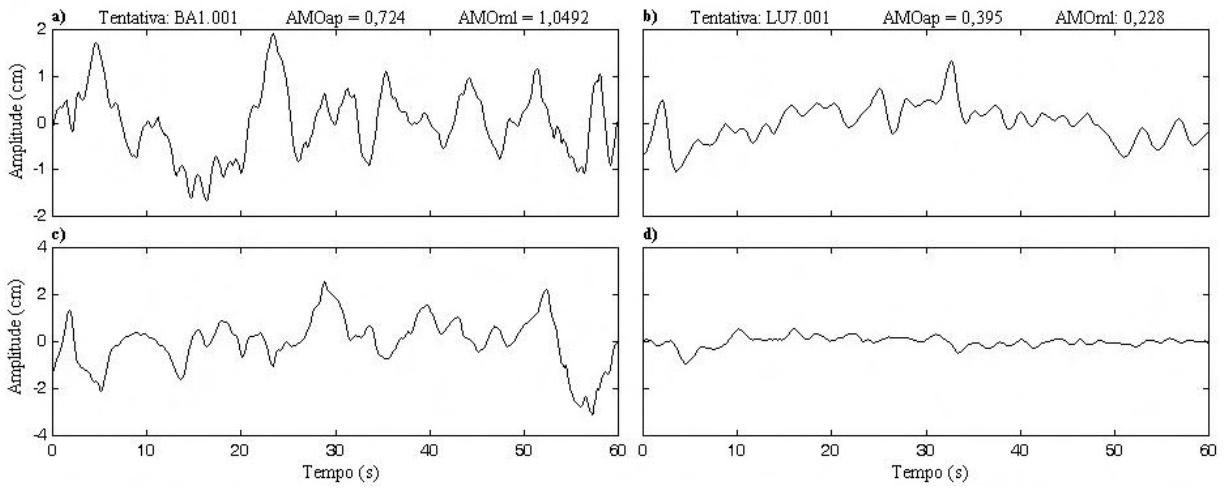


Figura 6: Exemplos de séries temporais da oscilação corporal nas direções ântero-posterior (painéis a e b) e médio-lateral (painéis c e d) de uma criança de 4 anos (painéis a e c) e de um adulto jovem (painéis b e d) em uma tentativa em que a sala não foi movimentada.

MANOVA 7x2 (Grupo x Direção) indicou diferença apenas para o fator Grupo, Wilks' Lambda = 0,58, $F(12,250)=6,48$, $p<0,001$. Análises univariadas revelaram diferenças entre os grupos apenas para a variável amplitude média de oscilação, $F(6,126)=13,24$, $p<0,001$. A Figura 7 apresenta os valores médios da amplitude média de oscilação nas direções ântero-posterior e médio-lateral, para os sete grupos etários. Análises *Post hoc* indicaram que as crianças de 4 anos oscilaram mais que todos os outros grupos e que as crianças de 6 e 8 anos oscilaram mais que os adultos jovens.

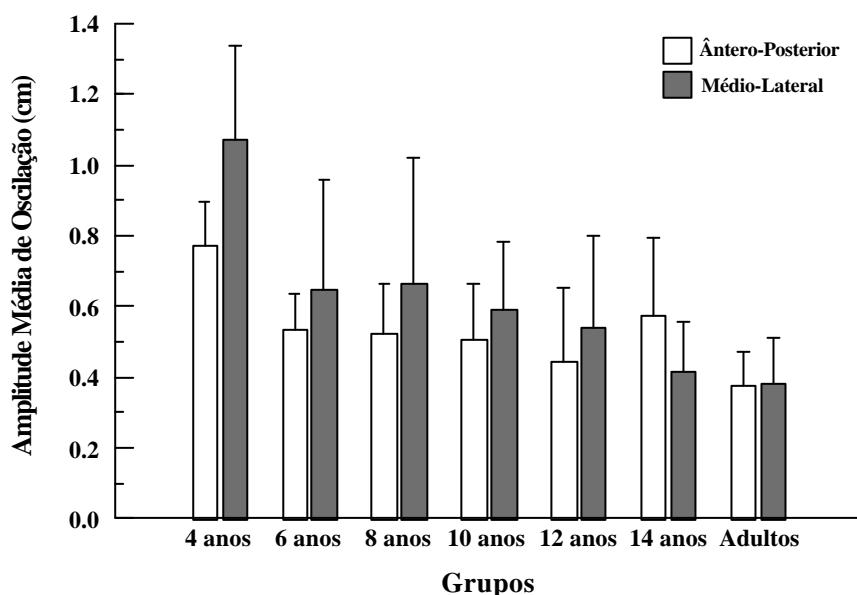


Figura 7: Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação nas direções ântero-posterior e médio-lateral, para os sete grupos etários.

5.2. ACOPLAGEMENTO ENTRE O MOVIMENTO DA SALA MÓVEL E A OSCILAÇÃO CORPORAL

Os resultados indicaram que a movimentação da sala móvel induziu oscilações corporais correspondentes em todos os participantes, inclusive nas crianças de 4 anos, em todas as condições. As Figuras 8 e 9 apresentam exemplos de séries temporais do movimento da sala e da oscilação corporal, da fase relativa entre o movimento da sala e a oscilação corporal e do espectro da amplitude do movimento da sala e da oscilação corporal de uma criança de 4 anos (Figura 8) e de um adulto jovem (Figura 9).

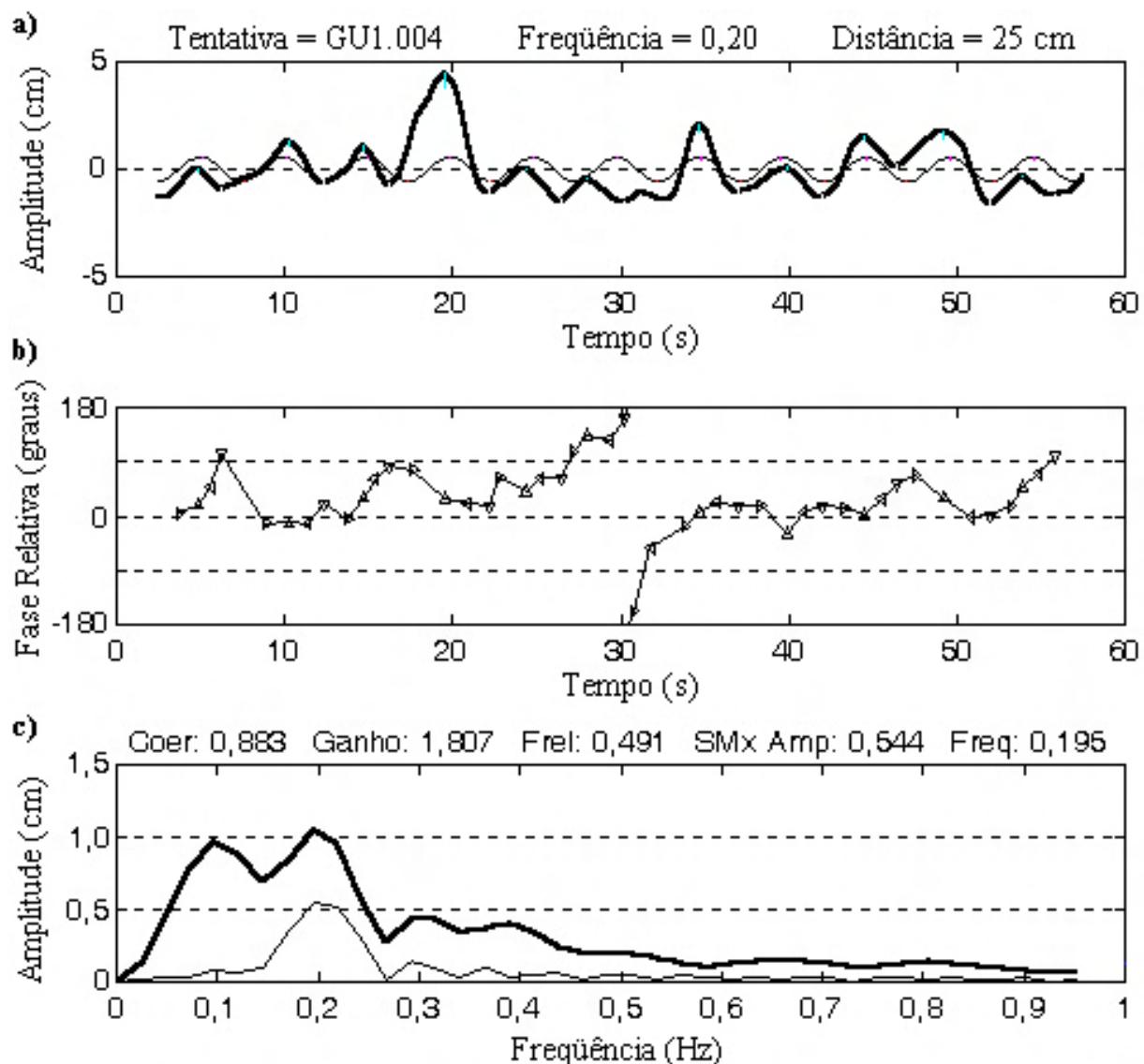


Figura 8: Exemplos de séries temporais de uma criança de 4 anos ao longo de uma tentativa mostrando o movimento da sala e a oscilação corporal (painel a), a fase relativa entre o movimento da sala e a oscilação corporal (painel b) e o espectro da amplitude do movimento da sala e da oscilação corporal (painel c) em uma tentativa em que a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz e o participante permaneceu na distância de 25 cm. Nota: Nos painéis a e c a linha mais fina se refere ao movimento da sala e a linha mais grossa às oscilações corporais dos participantes.

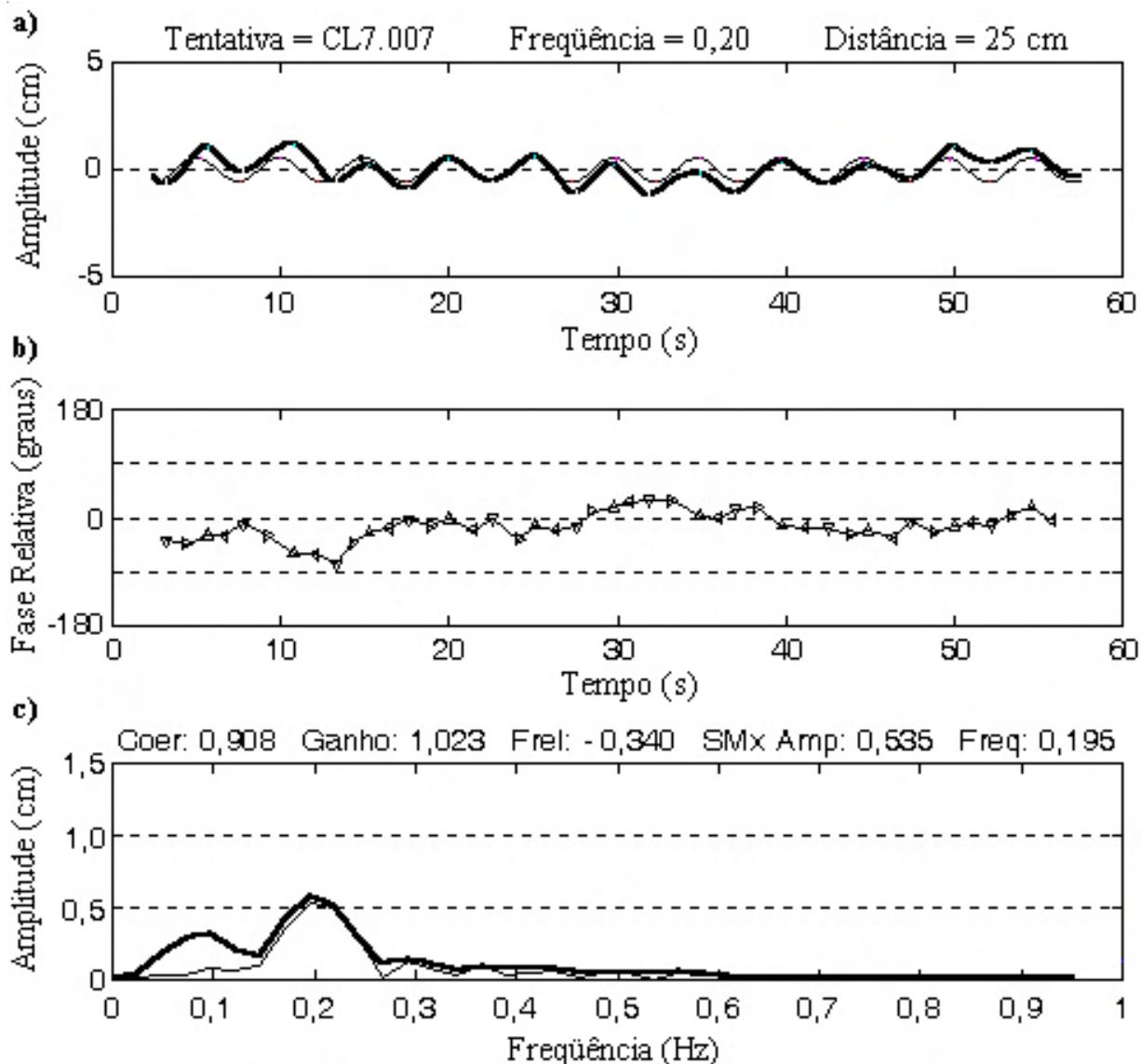


Figura 9: Exemplos de séries temporais de um adulto jovem ao longo de uma tentativa mostrando o movimento da sala e a oscilação corporal (painel a), a fase relativa entre o movimento da sala e a oscilação corporal (painel b), e o espectro da amplitude do movimento da sala e da oscilação corporal (painel c) em uma tentativa em que a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz e o participante permaneceu na distância de 25 cm. Nota: Nos painéis a e c a linha mais fina se refere ao movimento da sala e a linha mais grossa às oscilações corporais dos participantes.

5.2.1. Comportamento dos Participantes frente aos Movimentos da Sala Móvel

O comportamento dos participantes frente ao movimento da sala foi verificado por meio das variáveis amplitude e freqüência média de oscilação. As crianças mais jovens oscilaram mais que os demais participantes, entretanto, todos os participantes apresentaram freqüências de oscilação próximas às freqüências de movimentação da sala. MANOVA 7 x 4 x 4 (Grupo x Freqüência x Distância) indicou diferença para os fatores Grupo, Wilks' Lambda = 0,41, $F(12,124)=5,74$, $p<0,001$, e Freqüência, Wilks' Lambda = 0,009, $F(6,376)=594,98$,

$p<0,001$, e para as interações entre os fatores Grupo e Freqüência, Wilks' Lambda = 0,70, $F(36,376)=1,96$, $p<0,005$, e Freqüência e Distância, Wilks' Lambda = 0,93, $F(18,1132)=2,00$, $p<0,01$. Nenhuma diferença foi encontrada para o fator Distância, Wilks' Lambda = 0,95, $F(6,376)=1,55$, $p>0,05$, e para as interações entre os fatores Grupo e Distância, Wilks' Lambda = 0,77, $F(36,376)=1,42$, $p>0,05$, e Grupo, Freqüência e Distância, Wilks' Lambda = 0,80, $F(108,1132)=1,18$, $p>0,05$.

Análises univariadas utilizadas para verificar a interação entre os fatores Grupo e Freqüência apontaram diferenças para as variáveis amplitude média de oscilação, $F(18,189)=2,30$, $p<0,005$, e freqüência média de oscilação, $F(18,189)=1,71$, $p<0,05$. A Figura 10 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da amplitude média de oscilação nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada, para os sete grupos etários.

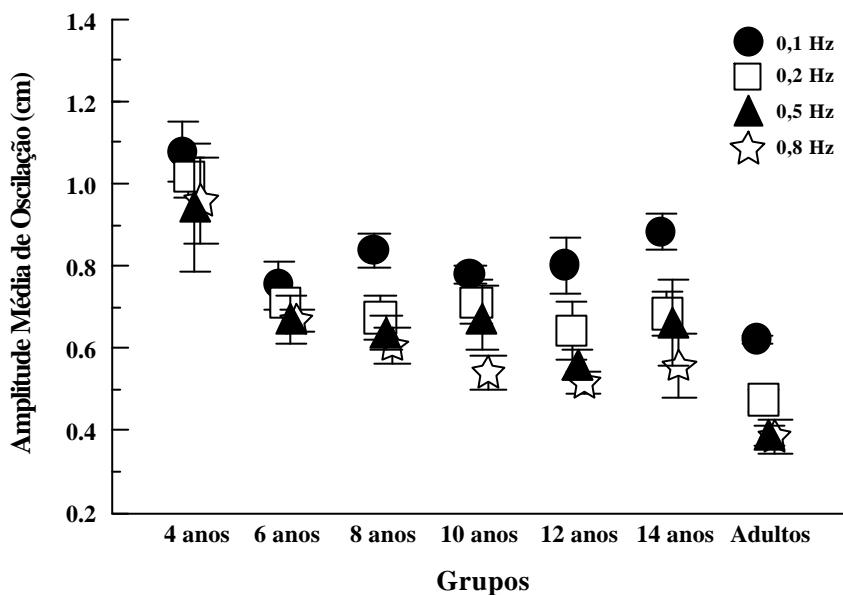


Figura 10: Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para os sete grupos etários.

Análises *Post hoc* revelaram que, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz, as crianças de 4 anos oscilaram mais que os participantes de 6, 10 e 12 anos e os adultos jovens e que os participantes de 14 anos oscilaram mais que os adultos jovens. Quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,2 Hz e 0,5 Hz as crianças de 4 anos oscilaram mais que todos os outros participantes, e os participantes 6, 10 e 14 anos oscilaram mais que os adultos jovens. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz, as crianças de 4 anos oscilaram mais que todos os outros participantes, e as crianças de 6 e 8 anos oscilaram mais que os adultos jovens.

A Figura 11 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da freqüência média de oscilação nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada, para os sete grupos etários.

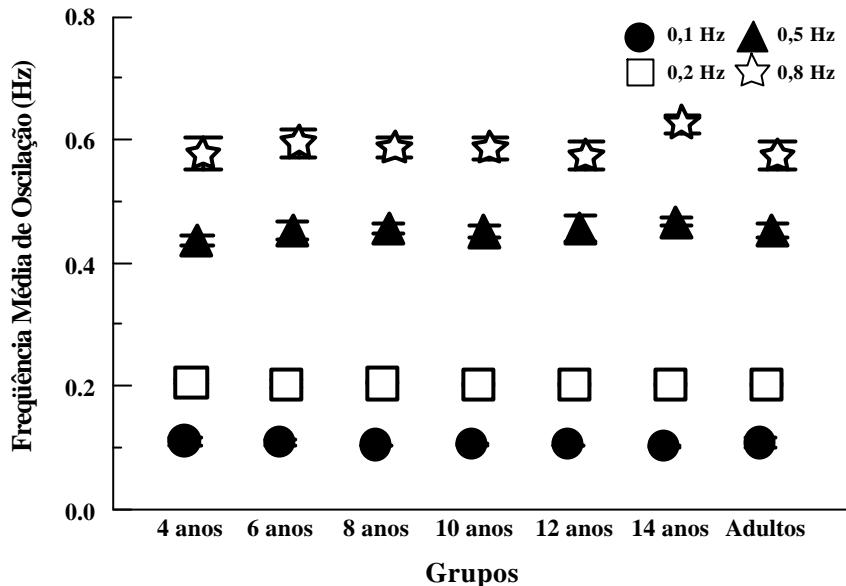


Figura 11: Médias e desvios padrão da freqüência média de oscilação, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para os sete grupos etários.

Análises *Post hoc* não revelaram qualquer diferenças entre os grupos etários quando as freqüências de 0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz foram consideradas individualmente. Assim, independentemente da distância que ficaram da sala, todos os participantes oscilaram em freqüências próximas às freqüências em que a sala foi movimentada. Como pode ser observado na Figura 11, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz, os participantes apresentaram freqüência média de oscilação ao redor de 0,1 Hz. Da mesma forma, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz, os participantes apresentaram freqüência média de oscilação ao redor de 0,2 Hz. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz, os participantes oscilaram em uma freqüência um pouco abaixo desta freqüência ($\sim 0,45$ Hz) e, finalmente, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz, os participantes oscilaram em uma freqüência um pouco mais abaixo desta freqüência ($\sim 0,6$ Hz).

Análises univariadas utilizadas para verificar a interação entre os fatores Freqüência e Distância apontaram diferenças para as variáveis amplitude média de oscilação, $F(9,567)=1,95$, $p<0,05$, e freqüência média de oscilação, $F(9,567)=2,16$, $p<0,05$. A Figura 12 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da amplitude média de oscilação nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada e nas quatro distâncias entre os

participantes e a sala móvel. Análises *Post hoc* não revelaram qualquer diferença entre as distâncias quando as freqüências 0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz foram consideradas individualmente.

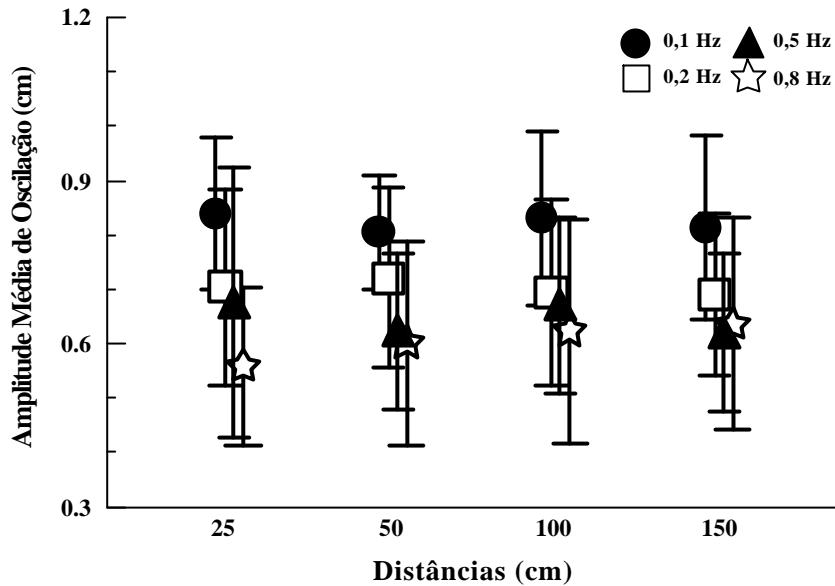


Figura 12: Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para as quatro distâncias entre os participantes e a sala móvel (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm).

A Figura 13 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da freqüência média de oscilação nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada e nas quatro distâncias entre os participantes e a sala móvel.

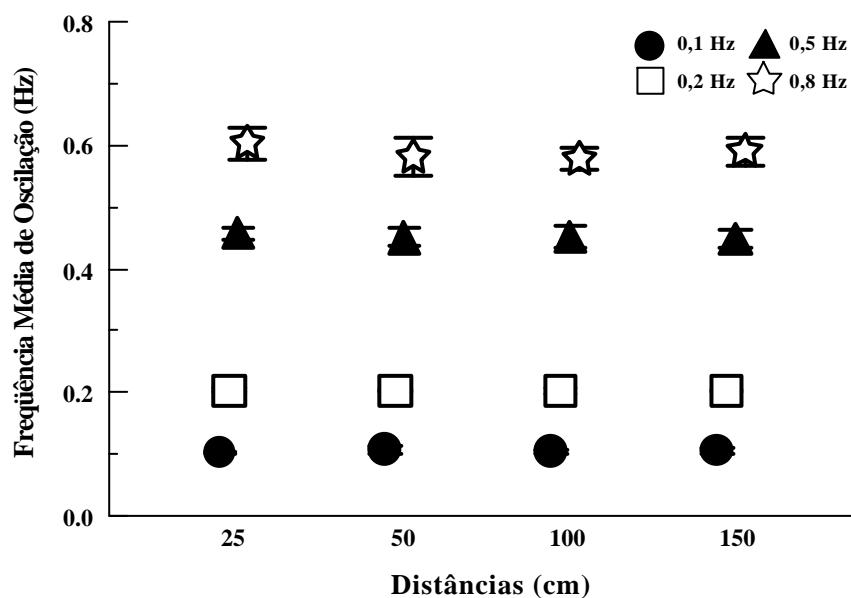


Figura 13: Médias e desvios padrão da freqüência média de oscilação, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para as quatro distâncias entre os participantes e a sala móvel (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm).

Análises *Post hoc* revelaram que, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz, os valores da freqüência média de oscilação na distância de 100 cm foram menores que os valores observados nas distâncias de 25 cm, 50 cm e 150 cm. Para as freqüências de 0,1 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz nenhuma diferença foi observada entre as distâncias.

5.2.2. Relacionamento Espacial entre o Movimento da Sala e a Oscilação Corporal

O relacionamento espacial entre o movimento da sala e as oscilações corporais dos participantes foi verificado através das variáveis coerência e ganho. MANOVA $7 \times 4 \times 4$ (Grupo x Freqüência x Distância) indicou diferença para os fatores Grupo, Wilks' Lambda = 0,22, $F(12,124)=11,26$, $p<0,001$, Freqüência, Wilks' Lambda = 0,23, $F(6,376)=65,28$, $p<0,001$, e Distância, Wilks' Lambda = 0,59, $F(6,376)=18,72$, $p<0,001$, e para as interações entre os fatores Grupo e Freqüência, Wilks' Lambda = 0,65, $F(36,376)=2,48$, $p<0,001$, Grupo e Distância, Wilks' Lambda = 0,63, $F(36,376)=2,65$, $p<0,001$, e Freqüência e Distância, Wilks' Lambda = 0,87, $F(18,1132)=4,28$, $p<0,001$. Nenhuma diferença foi encontrada para a interação entre os fatores Grupo, Freqüência e Distância, Wilks' Lambda = 0,82, $F(108,1132)=1,06$, $p>0,05$.

Análises univariadas utilizadas para verificar a interação entre os fatores Grupo e Freqüência apontaram diferenças para as variáveis coerência, $F(18,189)=2,47$, $p<0,05$, e ganho, $F(18,189)=3,40$, $p<0,001$. A Figura 14 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da coerência nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada, para os sete grupos etários. Análises *Post hoc* realizadas para verificar diferenças entre os grupos etários em cada uma das freqüências de movimentação da sala revelaram que, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz, as crianças de 4, 6 e 10 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 12 e 14 anos e os adultos jovens e que as crianças de 8 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 14 anos e os adultos jovens. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz, as crianças de 4 e 6 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 12 e 14 anos e os adultos jovens. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz, as crianças de 4 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 12 e 14 anos e os adultos jovens, as crianças de 6 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 14 anos e as crianças de 10 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 14 anos e os adultos jovens.

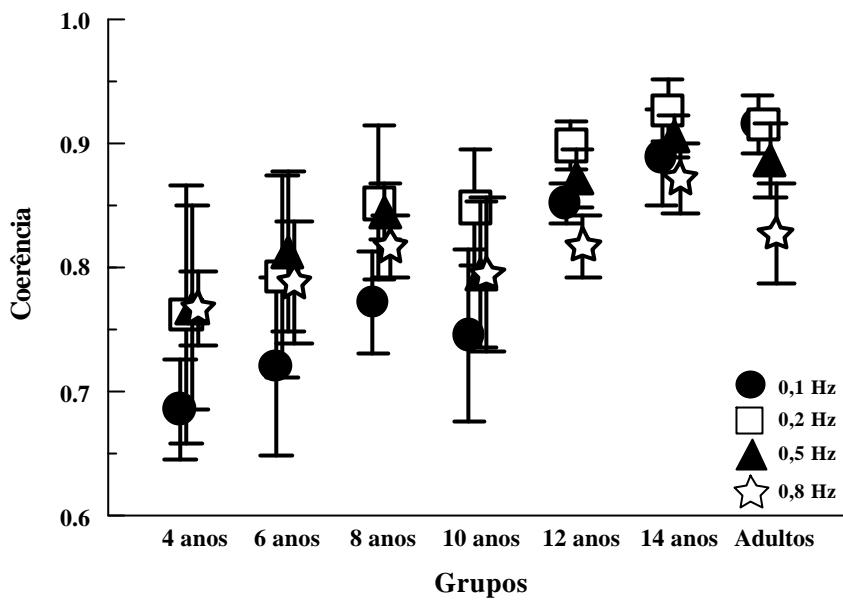


Figura 14: Médias e desvios padrão da coerência, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para os sete grupos etários.

Adicionalmente foram realizadas análises *Post hoc* a fim de verificar possíveis diferenças entre as freqüências de movimentação da sala em cada um dos grupos etários. Estas análises revelaram que os participantes de 4, 10 e 14 anos não apresentaram diferenças nos valores de coerência observados em cada uma das freqüências. As crianças de 6 anos apresentaram maiores valores de coerência quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz. As crianças de 8 anos apresentaram maiores valores de coerência quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,2 Hz e 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz. Os participantes de 12 anos apresentaram maiores valores de coerência quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz. Finalmente, os adultos jovens apresentaram maiores valores de coerência quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz e 0,2 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz.

A Figura 15 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, do ganho nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada, para os sete grupos etários. Análises *Post hoc* realizadas para verificar diferenças entre os grupos etários em cada uma das freqüências de movimentação da sala revelaram que, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz, as crianças de 6 e 10 anos apresentaram menores valores de ganho que os participantes de 14 anos. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de ganho que os participantes de 6, 8, 10 e

12 anos e os adultos jovens. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de ganho que os participantes de 10 e 12 anos e os adultos jovens e os participantes de 6, 8 e 14 anos apresentaram maiores valores de ganho que os adultos jovens. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de ganho que os participantes de 8, 10, 12 e 14 anos e os adultos jovens e as crianças de 6 anos apresentaram maiores valores de ganho que os adultos jovens.

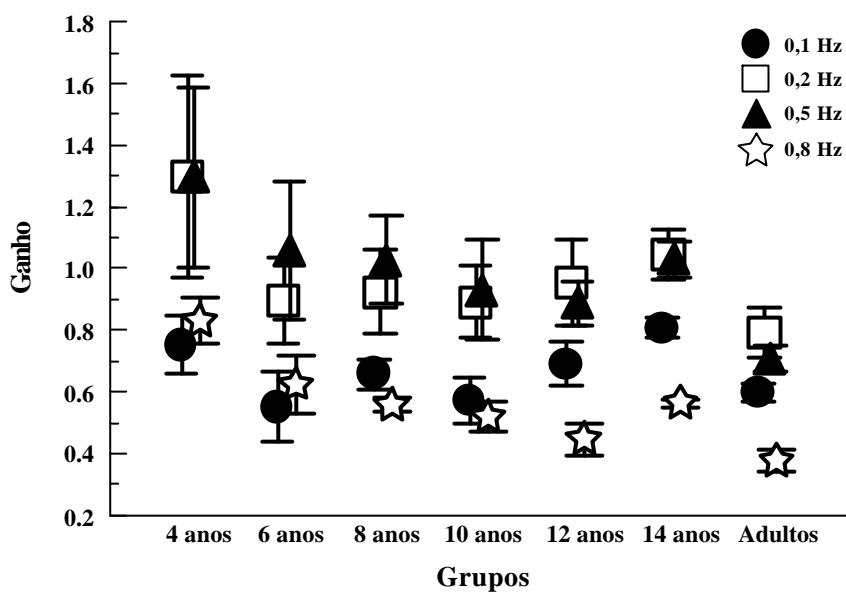


Figura 15: Médias e desvios padrão do ganho, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para os sete grupos etários.

Análises *Post hoc* adicionais foram realizadas para verificar possíveis diferenças entre as freqüências de movimentação da sala em cada um dos grupos etários. Estas análises revelaram que as crianças de 4, 6 e 10 anos apresentaram maiores valores de ganho quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,2 Hz e 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz e 0,8 Hz. Os participantes de 8 e 12 anos apresentaram maiores valores de ganho quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,2 Hz e 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz, e maiores valores de ganho quando ela foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz. Os participantes de 14 anos apresentaram maiores valores de ganho quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz, 0,2 Hz e 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz, e maiores valores de ganho quando ela foi movimentada nas freqüências de 0,2 Hz e 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz. Finalmente, os adultos jovens apresentaram maiores

valores de ganho quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz, 0,2 Hz e 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz.

Análises univariadas para verificar a interação entre os fatores Grupo e Distância apontaram diferenças para as variáveis coerência, $F(18,189)=3,02$, $p<0,001$, e ganho, $F(18,189)=3,96$, $p<0,001$. A Figura 16 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da coerência nas quatro distâncias que os participantes ficaram da sala, para os sete grupos etários. Análises *Post hoc* realizadas para verificar diferenças entre os grupos etários em cada uma das distâncias entre os participantes e a sala revelaram que, quando os participantes ficaram 25 cm distantes da sala, as crianças de 4 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 14 anos. Quando os participantes ficaram 50 cm distantes da sala, as crianças de 4 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 12 e 14 anos e os adultos jovens e as crianças de 10 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 14 anos. Quando os participantes ficaram 100 cm distantes da sala, as crianças de 4 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 8, 12 e 14 anos e os adultos jovens, as crianças de 6 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 12 e 14 anos e os adultos jovens, e as crianças de 10 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 14 anos e os adultos jovens. Quando os participantes ficaram 150 cm distantes da sala, as crianças de 4, 6 e 10 anos apresentaram menores valores de coerência que os participantes de 12 e 14 anos e os adultos jovens, e as crianças de 8 anos apresentaram menores valores de coerência que os adultos jovens.

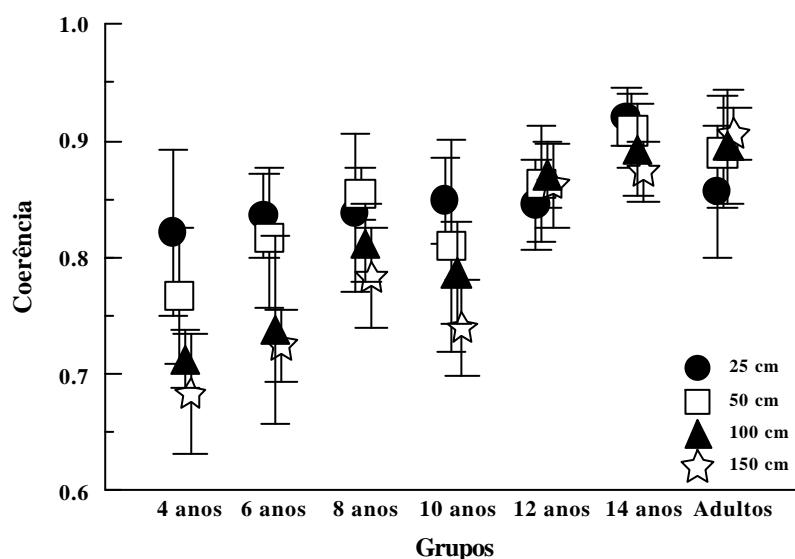


Figura 16: Médias e desvios padrão da coerência, nas quatro distâncias que os participantes ficaram da sala (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm), para os sete grupos etários.

Adicionalmente foram realizadas análises *Post hoc* a fim de verificar possíveis diferenças entre as distâncias que os participantes ficaram da sala, em cada um dos grupos etários. Estas análises revelaram que as crianças de 4 e 10 anos apresentaram maiores valores de coerência quando ficaram distantes da sala 25 cm do que quando ficaram distantes 150 cm. As crianças de 6 anos apresentaram maiores valores de coerência quando ficaram nas distâncias de 25 cm e 50 cm do que quando ficaram na distância de 150 cm, e maiores valores de coerência quando ficaram na distância de 25 cm do que quando ficaram na distância de 100 cm. As crianças de 8 anos apresentaram maiores valores de coerência quando ficaram na distância de 50 cm do que quando ficaram na distância de 150 cm. Os participantes de 12 e 14 anos e os adultos jovens não apresentaram qualquer diferença nos valores de coerência obtidos em cada uma das distâncias.

A Figura 17 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, do ganho nas quatro distâncias que os participantes ficaram da sala, para os sete grupos etários.

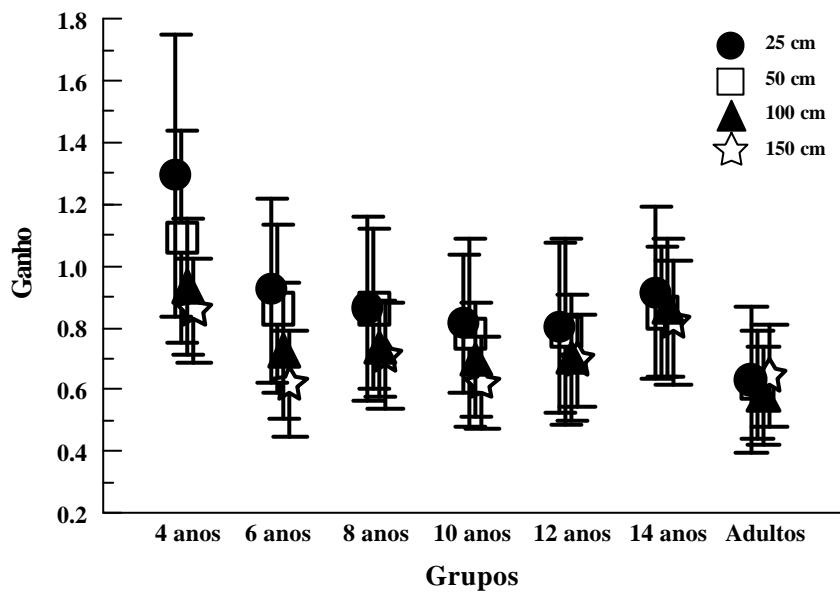


Figura 17: Médias e desvios padrão do ganho, nas quatro distâncias que os participantes ficaram da sala (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm), para os sete grupos etários.

Análises *Post hoc* realizadas para verificar diferenças entre os grupos etários em cada uma das distâncias entre os participantes e a sala revelaram que, quando os participantes ficaram 25 cm distantes da sala, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de ganho que todos os outros grupos e que as crianças de 6 anos apresentaram maiores valores de ganho que os adultos jovens. Quando os participantes ficaram 50 cm distantes da sala, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de ganho que os participantes de 10 e

12 anos e os adultos jovens. Quando os participantes ficaram 100 cm distantes da sala, as crianças de 4 anos apresentaram valores de ganho maiores que os participantes de 10 e 12 anos e os adultos jovens, e os participantes de 14 anos apresentaram maiores valores de ganho que os adultos jovens.

Análises *Post hoc* adicionais foram realizadas para verificar possíveis diferenças entre as distâncias que os participantes ficaram da sala, em cada um dos grupos etários. Estas análises revelaram que as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de ganho quando ficaram na distância de 25 cm do que quando ficaram nas distâncias de 100 cm e 150 cm. As crianças de 6 anos apresentaram maiores valores de ganho quando ficaram nas distâncias de 25 cm e 50 cm do que quando ficaram na distância de 150 cm, e maiores valores de ganho quando ficaram na distância de 25 cm do que na de 100 cm. As crianças de 10 anos apresentaram maiores valores de ganho quando ficaram nas distâncias de 25 cm e 50 cm do que quando ficaram na distância de 150 cm. Os participantes de 8, 12 e 14 anos e os adultos jovens não apresentaram qualquer diferença nos valores de ganho obtidos em cada uma das distâncias.

Análises univariadas para verificar a interação entre os fatores Freqüência e Distância apontaram diferenças apenas para a variável ganho, $F(9,567)=7,51$, $p<0,001$. A Figura 18 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, do ganho nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada e nas quatro distâncias entre os participantes e a sala móvel.

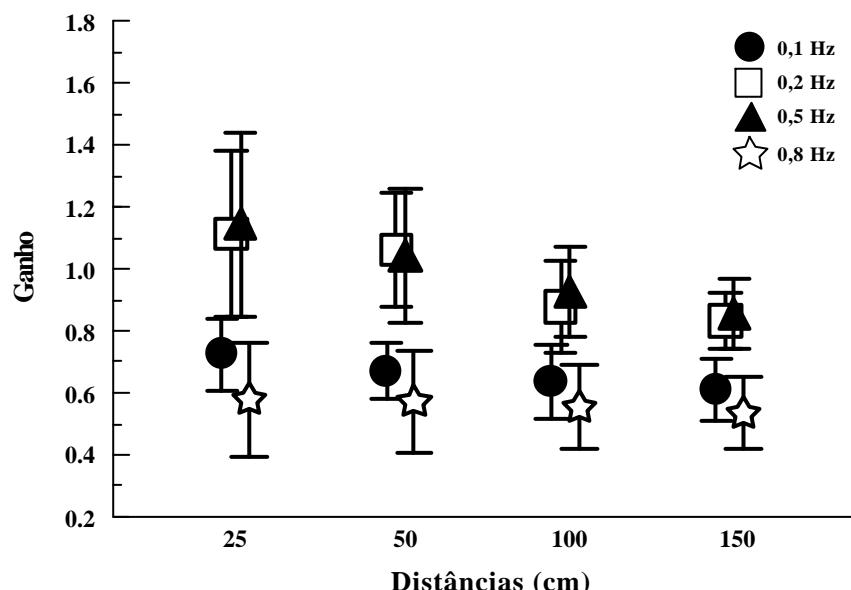


Figura 18: Médias e desvios padrão do ganho, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para as quatro distâncias entre os participantes e a sala móvel (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm).

Análises *Post hoc* realizadas para verificar possíveis diferenças entre as distâncias em cada uma das freqüências de movimentação da sala revelaram que, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz, os valores de ganho na distância de 25 cm foram maiores que os valores na distância de 150 cm. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz, os valores de ganho nas distâncias de 25 cm e 50 cm foram maiores que os valores observados nas distâncias de 100 cm e 150 cm. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz, os valores de ganho na distância de 25 cm foram maiores que os valores observados nas distâncias de 100 cm e 150 cm e os valores de ganho na distância de 50 cm foram maiores que os valores observados na distância de 150 cm.

Análises *Post hoc* adicionais foram realizadas para verificar possíveis diferenças entre as freqüências de movimentação da sala em cada uma das distâncias. Estas análises revelaram que, em todas as distâncias, os valores de ganho foram maiores quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,2 Hz e 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz e 0,8 Hz.

5.2.3. Relacionamento Temporal entre o Movimento da Sala e a Oscilação Corporal

O relacionamento temporal entre o movimento da sala e as oscilações corporais dos participantes foi verificado por meio das variáveis fase relativa e desvio angular. MANOVA 7 x 4 x 4 (Grupo x Freqüência x Distância) indicou diferença para os fatores Grupo, Wilks' Lambda = 0,30, $F(12,124)=8,47$, $p<0,001$, Freqüência, Wilks' Lambda = 0,01, $F(6,376)=463,60$, $p<0,001$, e Distância, Wilks' Lambda = 0,62, $F(6,376)=16,76$, $p<0,001$, e para as interações entre os fatores Grupo e Freqüência, Wilks' Lambda = 0,73, $F(36,376)=1,75$, $p<0,05$, Grupo e Distância, Wilks' Lambda = 0,66, $F(36,376)=2,38$, $p<0,001$, e Freqüência e Distância, Wilks' Lambda = 0,94, $F(18,1132)=1,94$, $p<0,05$. Nenhuma diferença foi encontrada para a interação entre os fatores Grupo, Freqüência e Distância, Wilks' Lambda = 0,86, $F(108,1132)=0,76$, $p>0,05$.

Análises univariadas indicaram diferenças entre as freqüências para as variáveis fase relativa, $F(3,189)=3930,45$, $p<0,001$, e desvio angular, $F(3,189)=245,84$, $p<0,001$. Análises univariadas utilizadas para verificar a interação entre os fatores Grupo e Freqüência apontaram diferenças apenas para a variável desvio angular, $F(18,189)=1,98$, $p<0,05$. A Figura 19 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da fase relativa nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada. Análises *Post hoc* realizadas

para verificar possíveis diferenças entre as quatro freqüências em que a sala foi movimentada revelaram diferenças entre todas as freqüências.

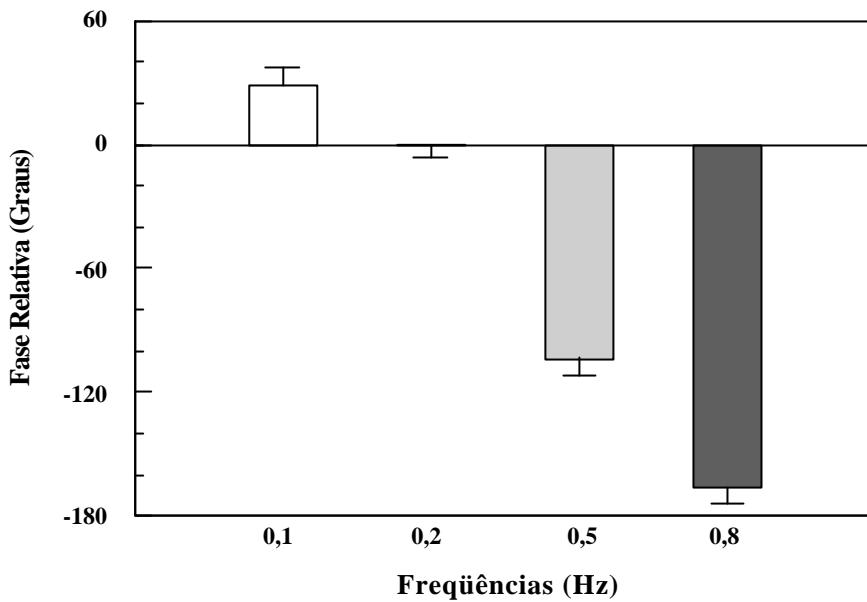


Figura 19: Médias e desvios padrão da fase relativa, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz).

Como pode ser observado na Figura 19, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz, os valores de fase relativa foram aproximadamente 30 graus, indicando que as oscilações dos participantes estiveram temporalmente à frente do movimento da sala. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz, os valores de fase relativa estiveram ao redor de 0 grau, indicando que os participantes oscilaram temporalmente junto com a sala. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz, os valores de fase relativa estiveram por volta de -100 graus, indicando que as oscilações dos participantes estiveram temporalmente atrasadas em relação ao movimento da sala. E por fim, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz, os valores de fase relativa estiveram por volta de -170 graus, indicando que as oscilações dos participantes estiveram ainda mais atrasadas em relação ao movimento da sala, em um relacionamento fora de fase.

A Figura 20 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, do desvio angular nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada, para os sete grupos etários. Análises *Post hoc* realizadas para verificar diferenças entre os grupos etários em cada uma das freqüências de movimentação da sala revelaram que, quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz e 0,2 Hz, as crianças de 4 e 6 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 12 e 14 anos e os adultos jovens e que as crianças de 8 e 10 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 14 anos e os

adultos jovens. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 8, 12 e 14 anos e os adultos jovens, as crianças de 6 e 10 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 14 anos e os adultos jovens, e as crianças de 8 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 14 anos. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz, as crianças de 4, 6 e 10 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 14 anos e os adultos jovens e as crianças de 8 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 14 anos.

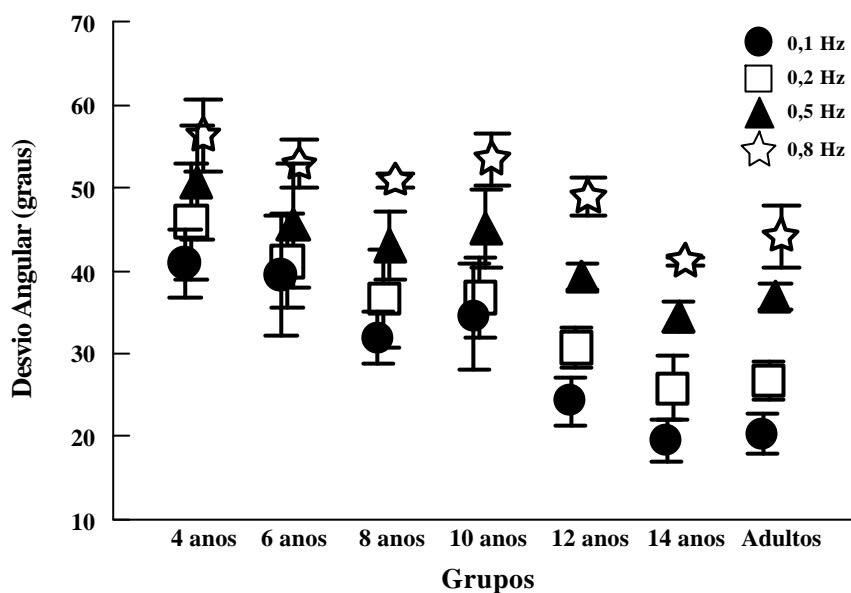


Figura 20: Médias e desvios padrão do desvio angular, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para os sete grupos etários.

Análises *Post hoc* adicionais foram realizadas para verificar possíveis diferenças entre as freqüências de movimentação da sala, em cada um dos grupos etários. Estas análises revelaram que as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de desvio angular quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,5 Hz e 0,8 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz, e maiores valores de desvio angular quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz. As crianças de 6 anos apresentaram maiores valores de desvio angular quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz do que quando ela foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz, 0,2 Hz e 0,5 Hz. As crianças de 8 e 10 anos apresentaram maiores valores de desvio angular quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz do que quando ela foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz, 0,2 Hz e 0,5 Hz, e maiores valores quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada

nas freqüências de 0,1 Hz e 0,2 Hz. Os participantes de 12 anos apresentaram maiores valores de desvio angular quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz do que quando ela foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz, 0,2Hz e 0,5 Hz, e maiores valores de desvio angular quando ela foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz do que quando foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz. Finalmente, os participantes de 14 anos e os adultos jovens apresentaram maiores valores de desvio angular quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,5 Hz e 0,8 Hz do que quando ela foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz e 0,2 Hz.

Análises univariadas indicaram diferenças entre as distâncias para as variáveis, fase relativa, $F(3,189)=7,64$, $p<0,001$, e desvio angular, $F(3,189)=28,31$, $p<0,001$. Análises univariadas utilizadas para verificar a interação entre os fatores Grupo e Distância apontaram diferenças para as variáveis desvio angular, $F(18,189)=3,86$, $p<0,001$. A Figura 21 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, do desvio angular nas quatro distâncias que os participantes ficaram da sala, para os sete grupos etários.

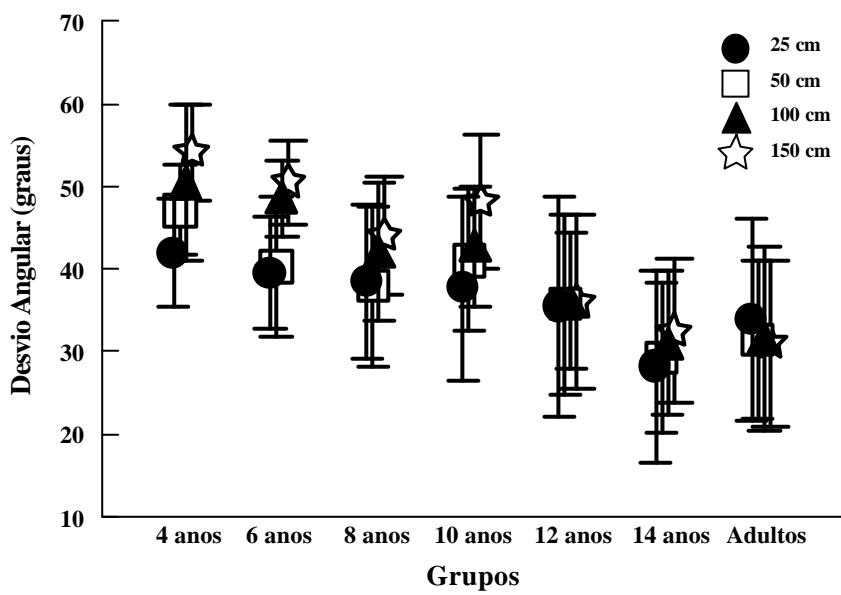


Figura 21: Médias e desvios padrão do desvio angular, nas quatro distâncias que os participantes ficaram da sala (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm), para os sete grupos etários.

Análises *Post hoc* realizadas para verificar diferenças entre os grupos etários em cada uma das distâncias entre os participantes e a sala revelaram que, quando os participantes ficaram 25 cm distantes da sala, as crianças de 4, 6, 8 e 10 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 14 anos. Quando os participantes ficaram 50 cm distantes da sala, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 12 e 14 anos e os adultos jovens, as crianças de 6 anos

apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 14 anos, e as crianças de 10 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 14 anos e os adultos jovens. Quando os participantes ficaram 100 cm distantes da sala, as crianças de 4 e 6 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 12 e 14 e os adultos jovens, e as crianças de 8 e 10 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 14 anos e os adultos jovens. Quando os participantes ficaram 150 cm distantes da sala, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 8, 12 e 14 anos e os adultos jovens, e as crianças de 6, 8 e 10 anos apresentaram maiores valores de desvio angular que os participantes de 12 e 14 anos e os adultos jovens.

Análises *Post hoc* adicionais foram realizadas para verificar possíveis diferenças entre as distâncias que os participantes ficaram da sala em cada um dos grupos etários. Estas análises revelaram que as crianças de 4 e 10 anos apresentaram maiores valores de desvio angular quando ficaram na distância de 150 cm do que quando ficaram na distância de 25 cm. As crianças de 6 anos apresentaram maiores valores de desvio angular quando ficaram nas distâncias de 100 cm e 150 cm do que quando ficaram nas distâncias de 25 cm e 50 cm. As crianças de 8 anos apresentaram maiores valores de desvio angular quando ficaram na distância de 150 cm do que quando ficaram na distância de 50 cm. Os participantes de 12 e 14 anos e os adultos jovens não apresentaram qualquer diferença nos valores de desvio angular obtidos em cada uma das distâncias.

Análises univariadas utilizadas para verificar a interação entre os fatores Freqüência e Distância apontaram diferenças apenas para a variável desvio angular, $F(9,567)=2,67$, $p<0,01$. A Figura 22 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, do desvio angular nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada e nas quatro distâncias entre os participantes e a sala móvel. Análises *Post hoc* realizadas para verificar possíveis diferenças entre as distâncias em cada uma das freqüências de movimentação da sala revelaram que, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz, os valores de desvio angular obtidos quando os participantes ficaram na distância de 25 cm foram menores que os valores observados quando os participantes ficaram nas distâncias de 100 cm e 150 cm, e que os valores de desvio angular obtidos quando os participantes ficaram na distância de 50 cm foram menores que os observados quando os participantes ficaram na distância de 150 cm. Quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz, os valores de desvio angular observados quando os participantes ficaram nas distâncias de 25 cm e 50 cm foram menores que os observados quando os participantes ficaram na distância de 150 cm.

Análises *Post hoc* adicionais foram realizadas para verificar possíveis diferenças entre as freqüências de movimentação da sala em cada uma das distâncias. Estas análises revelaram que, quando os participantes ficaram nas distâncias de 25 cm e 50 cm os valores do desvio angular observados quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz foram maiores que os observados quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz, 0,2 Hz e 0,5 Hz, e que os valores observados quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz foram maiores que os observados quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz e 0,2 Hz. Quando os participantes ficaram na distância de 100 cm houve diferença entre todas as freqüências de movimentação da sala. Quando os participantes ficaram na distância de 150 cm os valores do desvio angular observados quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz e 0,8 Hz foram maiores que os observados quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz e 0,2 Hz, e os valores observados quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz foram maiores que os observados quando a sala foi movimentada nas freqüências de 0,1 Hz.

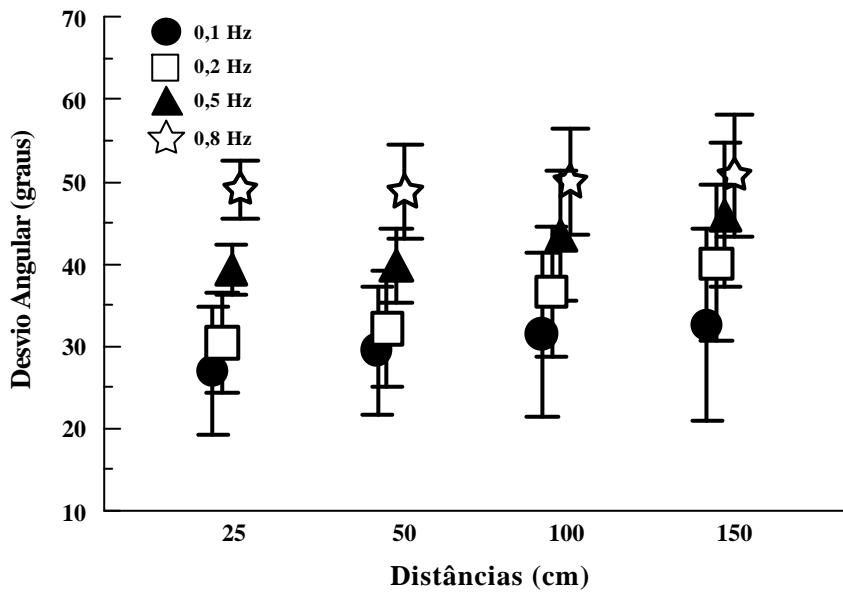


Figura 22: Médias e desvios padrão do desvio angular, nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz), para as quatro distâncias entre os participantes e a sala móvel (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm).

6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças, adolescentes e adultos jovens em função de alterações do estímulo visual. A partir dos resultados obtidos neste estudo, vários são os aspectos que merecem ser discutidos e, a fim de facilitar o entendimento, estes foram divididos em três partes principais, de acordo com os objetivos específicos deste estudo.

De maneira geral, mudanças desenvolvimentais nas oscilações corporais foram observadas tanto na ausência de movimento da sala quanto quando a sala foi movimentada, indicando a ocorrência de mudanças desenvolvimentais no funcionamento do sistema de controle postural com o aumento da idade. Estas mudanças parecem ser decorrentes de mudanças no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal, uma vez que este acoplamento se tornou mais forte e estável com o aumento da idade. E, dentre os vários fatores que poderiam levar a estas mudanças na força e estabilidade do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal, pode estar a dificuldade observada nas crianças mais novas em se adaptarem às alterações do estímulo sensorial, embora o sistema de controle postural de todos os participantes parece acoplar o seu funcionamento aos mesmos parâmetros do estímulo visual. A seguir cada um destes aspectos são discutidos.

6.1. MUDANÇAS DESENVOLVIMENTAIS NA OSCILAÇÃO CORPORAL

Mudanças desenvolvimentais foram observadas durante a manutenção da postura ereta tanto nas tentativas em que a sala móvel não foi movimentada, quanto nas

tentativas em que a informação visual foi manipulada através da movimentação desta sala. Inicialmente são discutidos os aspectos relacionados às mudanças desenvolvimentais observadas na ausência de movimento da sala e, em seguida, as mudanças observadas nas tentativas em que a sala foi movimentada.

6.1.1. Oscilação Corporal Na Ausência de Movimento da Sala

Os resultados indicaram que as crianças mais novas oscilaram mais que os demais participantes nas tentativas em que a sala móvel não foi movimentada. Mais especificamente, as crianças de 4 anos oscilaram mais quando comparadas a todos os outros grupos etários e as crianças de 6 e 8 anos oscilaram mais quando comparadas aos adultos jovens. Estes resultados estão de acordo com a literatura uma vez que vários estudos (por exemplo, FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; RIACH; HAYES, 1987) têm observado que as crianças mais novas oscilam mais que as crianças mais velhas e os adultos.

Em relação à freqüência média de oscilação, todos os grupos etários apresentaram valores ao redor de 0,2 Hz, que são semelhantes aos valores observados em bebês entre 12 e 14 meses (ASHMEAD; MCCARTY, 1991), em crianças entre 2 e 6 anos (BARELA; POLASTRI; GODOI, 2000), em adultos (SOAMES; ATHA, 1982) e em idosos (FREITAS JÚNIOR; 2003). Desta forma, embora alguns estudos (por exemplo, RIACH; HAYES, 1987) tenham sugerido que as crianças apresentam freqüências de oscilação mais altas, isto não foi confirmado pelos resultados observados no presente estudo.

Estes resultados revelam que há claras alterações no funcionamento do sistema de controle postural durante a manutenção da postura ereta com o aumento da idade, pelo menos quando a oscilação corporal é considerada. Interessante é que, apesar destas mudanças no funcionamento do sistema de controle postural ao longo dos anos, nenhuma diferença foi observada na freqüência de oscilação dos participantes ao longo dos anos. Assim, os participantes apresentaram um funcionamento do sistema de controle postural alterado com o aumento da idade e, mesmo assim, continuaram oscilando na mesma freqüência.

6.1.2. Oscilação Corporal Com o Movimento da Sala

Em relação ao comportamento dos participantes frente à movimentação da sala, os resultados revelaram que todos os participantes oscilaram em freqüências próximas às freqüências em que a sala foi movimentada em todas as distâncias manipuladas, exceto

quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz, na qual os participantes apresentaram oscilação corporal por volta da freqüência de 0,6 Hz. Assim, mesmo o sistema de controle postural das crianças de 4 anos já é capaz de alterar os parâmetros do seu funcionamento de modo a gerar oscilações corporais em freqüências próximas à freqüência do estímulo, neste caso, a informação visual manipulada por meio da sala móvel. Dessa forma, a dinâmica intrínseca do funcionamento do sistema de controle postural é alterada pela informação comportamental, mesmo em crianças com 4 anos de idade.

Os resultados indicam ainda que a dinâmica intrínseca não é passivamente dirigida pela informação comportamental. Se assim fosse, os participantes sempre oscilariam na freqüência de movimentação do estímulo. Porém, os resultados do presente estudo indicam que isto aconteceu até aproximadamente a freqüência de 0,5 Hz, já que até esta freqüência os participantes apresentaram oscilações muito próximas à freqüência do estímulo. Entretanto, quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,8 Hz, os participantes oscilaram numa freqüência mais alta (0,6 Hz), em comparação à situação em que a sala foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz, mas um pouco abaixo da freqüência de movimentação da sala. Este comportamento também tem sido observado em outros estudos (por exemplo, JEKA; OIE; SCHÖNER; DIJSKTRA; HENSON, 1998) que manipularam a freqüência de movimentação do estímulo. Esta diferença entre a freqüência de oscilação corporal e a freqüência do estímulo ocorre por limitações físicas uma vez que, após uma determinada freqüência do estímulo, a oscilação corporal não consegue ser mantida. Assim, à medida que a freqüência do estímulo aumenta, o sistema de controle postural dos indivíduos altera seu funcionamento e produz oscilação em freqüências mais altas, mas isto ocorre até um determinado ponto. A partir deste, os indivíduos continuam aumentando as freqüências de suas oscilações com o aumento da freqüência do estímulo mas estes aumentos não são proporcionais aos aumentos na freqüência do estímulo. Estes resultados indicam, portanto, que embora a dinâmica intrínseca do funcionamento do sistema de controle postural seja alterada pela informação comportamental, ela não é passivamente dirigida por esta informação uma vez que ela também depende de outros fatores, como por exemplo, restrições mecânicas dos indivíduos.

Em relação à amplitude média de oscilação, foi verificado que, da mesma forma como observado nas tentativas em que a sala não foi movimentada, as crianças mais novas oscilaram mais que os demais participantes em todas as freqüências e distâncias manipuladas neste estudo. Especificamente, foi observado que as oscilações corporais foram maiores em crianças com até 10 anos de idade quando comparadas aos adultos jovens.

Barela (1997) também observou que crianças de 4, 6 e 8 anos oscilaram mais que adultos jovens durante a manutenção da postura na situação em que a informação somatossensorial foi manipulada por meio de uma barra móvel (BARELA, 1997). No entanto, como somente crianças de 4, 6 e 8 anos de idade participaram deste estudo, não foi possível constatar se a idade em que as crianças exibem comportamentos semelhantes aos adultos jovens é a mesma independentemente da informação sensorial manipulada. De qualquer forma, é importante ressaltar que mesmo sendo influenciadas pela manipulação da informação visual e apresentando oscilação corporal próxima à freqüência de oscilação da sala móvel, as crianças com idade de até 10 anos apresentam um comportamento com maior oscilação corporal. Esta é mais uma indicação de que o funcionamento do sistema de controle postural das crianças é diferente do funcionamento do sistema de controle postural dos participantes mais velhos.

Ainda no que se refere ao comportamento dos participantes frente à movimentação da sala, cabe ressaltar que a idade em que os participantes do presente estudo exibiram comportamentos semelhantes aos adultos jovens foi diferente nas situações com e sem movimento da sala. Quando a sala não foi movimentada, até os 8 anos de idade as crianças oscilaram mais que os adultos jovens e, quando a sala foi movimentada, esta idade subiu para 10 anos, ou seja, até os 10 anos as crianças oscilaram mais que os adultos jovens. Uma possível explicação para estas diferenças poderia ser o próprio contexto. A tarefa de permanecer em postura ereta em um contexto no qual não há nenhum tipo de manipulação da informação sensorial é aparentemente mais simples e não exige muito do sistema de controle postural. Assim aos 10 anos as crianças já apresentaram um comportamento semelhante aos adultos jovens. Por outro lado, quando a informação visual é manipulada, o contexto é mais complexo e, neste caso, somente aos 12 anos as crianças apresentaram um comportamento semelhante aos adultos jovens.

Outros estudos já haviam observado que o desempenho do controle postural depende não apenas da idade mas também do contexto em que a tarefa é realizada (FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; STREEPEY; ANGULO-KINZLER, 2002). Streepey e Angulo-Kinzler (2002) verificaram que em tarefas mais difíceis as crianças de 10 anos se comportaram de modo semelhante às crianças de 6 anos enquanto que, em tarefas mais fáceis, elas apresentaram comportamentos semelhantes aos adultos jovens (STREEPEY; ANGULO-KINZLER, 2002). Da mesma forma, Figura, Cama, Capranica, Guidetti e Pulejo (1991) observaram que as crianças de 10 anos de idade apresentaram comportamentos diferentes dos adultos durante a manutenção da postura ereta sobre um único pé e que, durante a manutenção

da postura ereta sobre os dois pés, nenhuma diferença foi observada entre crianças de 6, 8 e 10 anos de idade (FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991).

Além de verificar a dependência do contexto no desempenho do controle postural, os resultados referentes à situação em que a sala foi movimentada também indicam claramente que há mudanças no funcionamento do sistema de controle postural com o aumento da idade. Os fatores que levam a estas mudanças no funcionamento do sistema de controle postural ainda são motivo de debate, não havendo consenso na literatura. Para Woollacott e colegas estas mudanças poderiam ser resultado de mudanças na predominância das informações sensoriais utilizadas pelo sistema de controle postural (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985), havendo uma alternância na dominância de uma ou outra informação sensorial utilizada pelo sistema de controle postural, em que a visão seria dominante em relação às demais informações sensoriais entre os 2 e 5 anos de idade (WOOLLACOTT; DEBÚ; MOWATT, 1987) e nos períodos próximos aos marcos desenvolvimentais (WOOLLACOTT, 1988). Entretanto, os resultados do presente estudo não revelaram qualquer dependência de uma informação sensorial, mas sim alterações no desempenho do controle postural, o que indica alterações no funcionamento do sistema de controle postural. Mais do que isso, foi observado que, como salientado por Horak e Macpherson (1996), o desempenho do sistema de controle postural depende do contexto. Assim, as mudanças desenvolvimentais no funcionamento do sistema de controle postural também são dependentes do contexto.

6.2. MUDANÇAS DESENVOLVIMENTAIS NO ACOPLAMENTO ENTRE INFORMAÇÃO VISUAL E OSCILAÇÃO CORPORAL

O movimento da sala induziu oscilações corporais correspondentes em todos os grupos etários, como já havia sido observado em bebês na posição sentada (BARELA; FREITAS JÚNIOR; GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003; BERTENTHAL; BOKER; XU, 2000; BUTTERWORTH; HICKS, 1977; LEE; ARONSON, 1974) e na posição em pé (DELORME; FRIGON; LAGACÉ, 1989), em crianças entre 5 e 7 anos na posição sentada (BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001) e na posição em pé (SCHMUCKLER, 1997), em adultos na posição em pé (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2002; POLASTRI; GODOI; BARELA, 2002) e em idosos na posição em pé (DELORME; FRIGON; GROTHE, 1995; FREITAS JÚNIOR, 2003; POLASTRI; BARELA; BARELA, 2001). Assim, os resultados do presente estudo não apenas confirmam os resultados observados em estudos anteriores mas também avançam uma vez que a influência

da sala foi verificada em todas as condições experimentais manipuladas neste estudo, ou seja, nas quatro distâncias entre o participante e a sala (25 cm, 50 cm, 100 cm e 150 cm) e nas quatro freqüências em que a sala foi movimentada (0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz). Mais importante, entretanto, é que o presente estudo possibilitou verificar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em várias faixas etárias.

De forma geral, a força e a estabilidade temporal do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal mudam ao longo dos anos. Os resultados revelaram um aumento dos valores de coerência e uma diminuição dos valores de desvio angular com o aumento da idade, indicando que o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal se torna mais forte e estável com o aumento da idade, alcançando o mesmo nível observado em adultos jovens por volta dos 12 anos de idade.

O primeiro aspecto que deve ser ressaltado, tendo em vista os resultados sobre a força e estabilidade temporal do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal, é que também foi a partir dos 12 anos de idade que os participantes exibiram os mesmos valores de amplitude média de oscilação nas tentativas em que a sala foi movimentada. Assim, as mudanças no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal parecem estar relacionadas com o desempenho do controle postural inferido por meio da oscilação corporal. Desta forma, estes resultados indicam uma relação entre os aspectos comportamentais e funcionais do sistema de controle postural. Especificamente, que a aquisição e refinamento do acoplamento entre informação sensorial e ação motora estão relacionados ao desenvolvimento do controle postural, possibilitando melhora no desempenho do mesmo, verificado através da oscilação corporal.

Esta constatação não havia sido observada ao longo de faixas etárias, tendo em vista a não realização de estudos com este propósito e enfocando as faixas etárias estudadas. O estudo de Barela, Jeka e Clark (2003) abordou estas questões em crianças de 4, 6 e 8 anos de idade mas nenhuma diferença foi observada entre os grupos etários, tanto no acoplamento entre informação sensorial e ação motora (BARELA; JEKA; CLARK, 2003) quanto no desempenho do controle postural (BARELA, 1997), embora diferenças entre as crianças e os adultos tenham sido observadas. Assim, o presente estudo contribui não apenas em apontar a relação entre as mudanças desenvolvimentais no acoplamento entre informação sensorial e ação motora mas também em apontar que, nesta situação, estas alterações acontecem mais tarde que o sugerido na literatura (WOOLLACOTT, 1988; WOOLLACOTT; DEBÚ; MOWATT, 1987), entre 10 e 12 anos de idade.

O presente estudo observou ainda mudanças na influência da sala sobre as oscilações corporais dos participantes, na freqüência do estímulo visual. Os resultados revelaram uma diminuição nos valores de ganho com o aumento da idade, exceto para a freqüência de 0,1 Hz e para a distância de 150 cm, que serão discutidos posteriormente. A diminuição do ganho com o aumento da idade indica que, de maneira geral, as crianças mais jovens foram mais influenciadas pelo movimento da sala que as crianças mais velhas, os adolescentes e os adultos jovens. Assim, as crianças mais novas foram mais suscetíveis à manipulação da informação visual, o que corrobora os resultados observados em outros estudos (BUTTERWORTH; HICKS, 1977; FORSSBERG; NASHNER, 1982; LEE; ARONSON, 1994). Lee e Aronson (1974), por exemplo, realizaram um estudo com bebês entre 13 e 16 meses e observaram que cerca de 90% das respostas foram na direção do movimento da sala e, destas, aproximadamente 33% resultaram em quedas (LEE; ARONSON, 1974). Da mesma forma, Butterworth e Hicks (1977) verificaram que, em bebês entre 12,5 e 17 meses, aproximadamente 66% das respostas na direção do movimento da sala resultaram em quedas (BUTTERWORTH; HICKS, 1977).

Considerados em conjunto, a maior oscilação corporal, tanto com o movimento da sala quanto na ausência deste, a menor força e estabilidade do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal, juntamente com a maior influência da sala sobre as oscilações corporais sugerem que as crianças mais novas são mais instáveis no que se refere ao funcionamento do sistema de controle postural para a manutenção da posição desejada. Tendo em vista que a manutenção da posição corporal depende de um relacionamento coerente e estável entre informação sensorial e ação motora (BARELA, 1997; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001; BARELA; JEKA; CLARK, 1999; 2003), as diferenças observadas no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal sugerem que as crianças mais jovens ainda não atingiram o mesmo nível de funcionamento do controle postural com relação a este acoplamento observado nas crianças mais velhas, nos adolescentes e nos adultos jovens. Estas diferenças observadas no funcionamento do sistema de controle postural refletem não apenas no comportamento, em que as crianças mais jovens oscilam mais que as crianças mais velhas, os adolescentes e os adultos jovens, mas também no fato das crianças mais jovens serem mais suscetíveis a qualquer manipulação da informação visual.

Uma outra indicação desta maior instabilidade apresentada pelas crianças mais jovens é que, apesar destas crianças apresentarem um pico de oscilação bem definido na freqüência de movimentação da sala, elas também apresentam oscilações em várias outras freqüências. Ainda, os valores de fase relativa apresentados por estas crianças são bem mais

variáveis ao longo da tentativa do que os valores apresentados pelos outros grupos etários, como evidenciado pelos altos valores de desvio angular. Assim, as crianças são capazes de manter um relacionamento específico mas este relacionamento é consideravelmente mais variável, tanto temporalmente quanto em relação às freqüências que compõem a oscilação corporal.

Os fatores que levariam a esta maior instabilidade comportamental, menor força e estabilidade do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal e maior influência da sala sobre as oscilações corporais que foram observados nas crianças mais novas, ainda não estão claros. A fim de realizar uma determinada tarefa o indivíduo necessita integrar adequadamente as informações provenientes de diversas fontes sensoriais. No presente estudo, as crianças mais jovens apresentaram diferenças quando comparadas aos demais participantes, o que poderia sugerir dificuldades em lidar com esta abundância de informações disponíveis em situações de conflito sensorial e, principalmente, em organizar a influência das várias informações sensoriais disponíveis em função de alterações no ambiente, como ocorre na situação da sala móvel. Assim, estas crianças teriam dificuldades em discriminar, dentre as várias informações disponíveis no ambiente, quais seriam as informações mais relevantes para a realização da tarefa para, então, acoplar suas oscilações corporais somente a estas informações, como sugerido por Barela, Jeka e Clark (2003).

Os participantes mais velhos e os adultos jovens, por sua vez, não parecem ter problemas para lidar com as várias informações disponíveis. Uma indicação desta maior estabilidade é que, estes participantes apresentaram um pico de oscilação bem definido na freqüência de movimentação da sala e, ao contrário das crianças mais jovens, eles quase não apresentam oscilações em outras freqüências. Ainda, estes participantes apresentaram valores de fase relativa bem estáveis ao longo da tentativa, como evidenciado pelos baixos valores de desvio angular observados nos grupos mais velhos. Dessa forma, os participantes mais velhos e os adultos jovens acoplam ao estímulo específico, no caso deste estudo ao estímulo visual, com maior força e maior estabilidade. Assim, eles não são tão influenciados por outros estímulos, o que resulta em um comportamento mais estável. Segundo a mesma linha de raciocínio, é possível sugerir que esta maior estabilidade dos participantes mais velhos seja em virtude destes participantes serem capazes de adequadamente lidar com as várias informações disponíveis no ambiente, selecionando a mais relevante para a realização da tarefa. Principalmente porque estudos recentes têm demonstrado que os adultos são capazes de precisamente reorganizar a influência das várias informações sensoriais disponíveis no ambiente (OIE; KIEMEL; JEKA, 2001; 2002).

6.3. PROCESSOS ADAPTATIVOS

Assumindo que o funcionamento do sistema de controle postural de adultos não é passivamente dirigido pelo estímulo sensorial mas que, ao contrário, ele ativa e dinamicamente acopla ao estímulo sensorial, alterando os parâmetros de seu funcionamento de modo a compensar qualquer alteração das informações sensoriais (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994), um dos objetivos do presente estudo foi verificar se as crianças também apresentariam adaptações ou alterações no funcionamento do sistema de controle postural com o aumento da distância entre o participante e a sala e da freqüência de movimentação da sala.

Os resultados referentes à manipulação da distância entre o participante e a sala revelaram notórias diferenças no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal apresentado pelas crianças mais novas quando comparados ao acoplamento entre informação visual e oscilação corporal apresentado pelos demais grupos. Nas crianças entre 4 e 10 anos de idade os valores de coerência e ganho foram mais baixos e os valores de desvio angular foram mais altos nas maiores distâncias entre o participante e a sala (100 cm e 150 cm). Estas diferenças não foram observadas a partir dos 12 anos. Assim, é possível sugerir que até os 10 anos de idade as crianças não conseguem se adaptar corretamente às alterações da informação sensorial quando a distância entre o participante e a sala aumenta, o que, por sua vez, parece ocorrer após os 12 anos.

Novamente faz-se necessário destacar que foi a partir dos 12 anos de idade que os participantes apresentaram não apenas comportamento mas também acoplamento entre informação visual e oscilação corporal semelhantes aos adultos jovens. Assim, da mesma forma que as mudanças no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal parecem estar relacionadas com o desempenho do controle postural, elas também parecem estar relacionadas à presença ou ausência dos processos adaptativos, no sentido de realçar a informação sensorial disponível e que, por alguma razão, foi ligeiramente alterada. No presente estudo, o aumento da distância entre o participante e a parede frontal da sala provocaria uma alteração da informação visual, que precisaria ser compensada.

Quando os resultados relativos à manipulação da freqüência de movimentação da sala são considerados, novamente observa-se que o sistema de controle postural altera os parâmetros de seu funcionamento em função das alterações do estímulo, neste caso, da freqüência do estímulo. A força do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi dependente da freqüência de movimentação da sala em todos os grupos mas,

principalmente, até os 10 anos de idade. Ao observar os valores de coerência observa-se que, de maneira geral, os valores de coerência apresentados pelas crianças de 4, 6, 8 e 10 anos foram mais baixos quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz do que quando ela foi movimentada nas freqüências de 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz. Já nos grupos de 12 e 14 anos e adultos jovens o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi semelhante nas quatro freqüências de movimentação da sala. Ainda, ao considerar os valores de ganho, nota-se que, enquanto os valores de ganho diminuem com a idade para as freqüências de 0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz, eles aumentam para a freqüência de 0,1 Hz. Este aumento do ganho com a idade para a freqüência de 0,1 Hz significa que os participantes mais jovens, até aproximadamente, os 10 anos de idade, foram menos influenciados pelos movimentos da sala quando esta foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz. Portanto, de maneira geral estes resultados indicam claramente que as crianças de até 10 anos não acoplaram à informação visual com a mesma força e nem foram tão influenciados pelos movimentos da sala quando esta foi movimentada em uma freqüência muito baixa (freqüência de 0,1 Hz).

Este fraco acoplamento entre informação visual e oscilação corporal apresentado pelas crianças mais novas bem como a pouca influencia da sala sobre as suas oscilações corporais quando a sala foi movimentada na freqüência de 0,1 Hz podem ser decorrentes de uma dificuldade destas crianças em utilizar a informação de modo prospectivo a fim de controlar a postura corporal desejada. Estudos envolvendo tarefas distintas têm observado que crianças entre 1 e 5 anos (ASSAIANTE; WOOLLACOTT; AMBLARD, 2000; HAY; REDON, 2001; LEDEBT; BRIL; BRENIÈRE, 1998; SCHMITZ; MARTIN; ASSAIANTE, 1999; 2002; VAN DER HEIDE; OTTEN; VAN EYKERN; HADDERS-ALGRA; 2003; WITHERINGTON; HOFSTEN; ROSANDER; ROBINETTE; WOOLLACOTT; BERTENTHAL, 2002) já apresentam ajustes posturais antecipatórios, contudo, mesmo aos 11 anos de idade estes ajustes ainda não estão no mesmo nível dos ajustes exibidos pelos adultos (VAN DER HEIDE; OTTEN; VAN EYKERN; HADDERS-ALGRA, 2003). Parece, portanto, que as crianças mais jovens não são capazes de gerar uma estimativa interna de orientação corporal precisa, como sugerido por Barela, Jeka e Clark (2003), que é necessária para estimar e antecipar a posição e a velocidade do corpo no instante seguinte e, então, usá-la para antecipadamente gerar respostas posturais. Na situação da sala móvel, parece que estas crianças têm dificuldade não apenas em estimar e antecipar a posição e a velocidade do corpo no instante seguinte mas também em estimar e antecipar a posição e a velocidade da sala e, principalmente, em relacionar estas informações de forma a gerar atividade motora relacionada ao controle postural para manter e alcançar uma posição corporal desejada.

Uma das poucas evidências de adaptação no funcionamento do sistema de controle postural em crianças pôde ser verificada no estudo de Schmuckler (1997). Neste estudo Schmuckler (1997) utilizou o paradigma da sala móvel visual para investigar as respostas posturais de crianças com idades entre 3 e 6 anos frente à informação visual e, embora não tenha sido objetivo explícito do estudo, os resultados revelaram uma redução nos valores de amplitude média de oscilação do primeiro bloco de tentativas para o segundo bloco, o que, segundo o autor, sugere algum tipo de adaptação postural decorrente da exposição prolongada à situação da sala móvel (SCHMUCKLER, 1997).

Quando considerados em conjunto, tanto os resultados referentes à manipulação da distância entre o participante e a sala quanto os referentes à manipulação da freqüência de movimentação da sala sugerem que até os 10 anos de idade as crianças não são capazes de alterar o funcionamento de seu sistema de controle postural de modo a se adaptarem às alterações do ambiente. Somente a partir 12 anos é que os participantes parecem ser capazes de alterar estes parâmetros, exibindo um funcionamento do sistema de controle postural semelhante aos adultos jovens. Dessa forma, com o passar dos anos o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal se torna não apenas mais forte e estável mas também mais flexível, já que os indivíduos são capazes de constantemente alterar os parâmetros do funcionamento do sistema de controle postural de modo a se adaptar às alterações das informações sensoriais disponíveis no ambiente.

6.4. PARÂMETROS UTILIZADOS PELO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL

Em adultos, vários estudos têm sugerido, com base na comparação qualitativa dos resultados experimentais obtidos com os resultados do modelo dinâmico proposto por Schöner (1991), que o sistema de controle postural de adultos acopla dinamicamente à velocidade do estímulo visual (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIESE; GIELEN, 1994) e, em relação ao estímulo somatossensorial, que ele acopla não apenas à velocidade (JEKA; SCHÖNER; DIJKSTRA; RIBEIRO; LACKNER, 1997) mas também à posição (JEKA; OIE; SCHÖNER; DIJSKTRA; HENSON, 1998) do estímulo somatossensorial. Esta constatação foi obtida ao analisar o padrão temporal entre o estímulo somatossensorial e a oscilação corporal desencadeada pela manipulação deste estímulo. Especificamente, os parâmetros sobre a posição e a velocidade do estímulo foram acrescentados ao modelo e os resultados do relacionamento temporal obtidos através do modelo foram comparados com os resultados do relacionamento temporal obtidos experimentalmente.

Os resultados do presente estudo não revelaram qualquer diferença nos valores de fase relativa com o aumento da idade. Assim, todos os participantes deste estudo apresentaram o mesmo padrão de fase relativa, ou seja, o mesmo relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal. Dessa forma, é possível sugerir que o sistema de controle postural de todos os participantes, até mesmo das crianças mais jovens, acoplou seu funcionamento aos parâmetros de posição e velocidade do estímulo visual.

Este relacionamento temporal semelhante em crianças e adultos já havia sido observado em estudos anteriores (BARELA; JEKA; CLARK, 2003; SCHMUCKLER, 1997). Barela, Jeka e Clark (2003), por exemplo, observaram que crianças de 4, 6 e 8 anos de idade exibiram os mesmos padrões de fase relativa apresentados por adultos e, assim, sugeriram que o sistema de controle postural das crianças também é sensível aos parâmetros de posição e velocidade do estímulo somatossensorial (BARELA; JEKA; CLARK, 2003). Schmuckler (1997), por sua vez, observou semelhanças e diferenças no relacionamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças entre 3 e 6 anos e adultos. Interessantemente, as características das respostas posturais que foram semelhantes em crianças e adultos foram justamente aquelas referentes ao relacionamento temporal entre a informação visual e as respostas posturais. Especificamente, à medida que a freqüência de movimentação da sala aumentou, tanto as crianças quanto os adultos exibiram respostas posturais mais atrasadas em relação aos movimentos da sala (SCHMUCKLER, 1997).

No que se refere ao relacionamento espacial entre informação visual e oscilação corporal algumas diferenças foram observados entre os resultados do presente estudo e os resultados obtidos em estudos anteriores (BARELA; FREITAS JÚNIOR; GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003). Nestes estudos, foi observado que bebês (BARELA; FREITAS JÚNIOR; GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003) e crianças entre 5 e 7 anos de idade (BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001) exibiram um acoplamento entre informação visual e oscilação corporal mais forte e foram mais influenciados pelo movimento da sala quando esta foi movimentada na freqüência de 0,5 Hz do que quando ela foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz. No presente estudo, por sua vez, não foram observadas diferenças no relacionamento espacial entre informação visual e oscilação corporal entre as freqüências de 0,2 Hz e 0,5 Hz.

Estas divergências entre os resultados anteriores (BARELA; FREITAS JÚNIOR; GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BARELA;

GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003) e os resultados do presente estudo podem ser decorrente das características do estímulo utilizadas no presente estudo e nos anteriores. Como já ressaltado anteriormente, os resultados destes estudos anteriores devem ser analisados com prudência já que as características do estímulo visual utilizadas, tais como os parâmetros de amplitude e velocidade, foram consideravelmente diferentes dos utilizados neste estudo. Nestes estudos a sala móvel foi movimentada, por exemplo, com uma velocidade de pico de aproximadamente 3,5 cm/s, o que é quase seis vezes mais alta que a velocidade de pico utilizada no presente estudo (0,6 cm/s). Estes altos valores de velocidade e amplitude do estímulo visual poderiam levar o sistema de controle postural a atuar em regimes diferentes, já que este sistema pode utilizar modos de controle diferentes dependendo se o estímulo móvel é percebido como movimento do próprio indivíduo ou como movimento do objeto (SCHÖNER; DIJKSTRA; JEKA, 1998). Assim, a utilização de modos de controle diferentes poderia explicar a discrepância entre os resultados anteriores (BARELA; FREITAS JÚNIOR; GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI; 2003) e os resultados do presente estudo.

7. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos revelaram uma redução das oscilações corporais e um aumento na força e estabilidade do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal, com o aumento da idade. Especificamente, as crianças oscilaram mais que os adultos jovens até os 10 anos de idade e, também foi até aproximadamente esta idade que os participantes exibiram um acoplamento entre informação visual e oscilação corporal mais fraco e menos estável quando comparado ao exibido pelos participantes mais velhos. Estes resultados indicam, portanto, que as mudanças comportamentais estão intimamente relacionadas com as mudanças no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal e, portanto, é possível concluir que o refinamento de um acoplamento entre informação sensorial e ação motora está relacionado ao desenvolvimento do controle postural.

Mas do que isso, as mudanças comportamentais observadas também foram dependentes do contexto. Assim, em um contexto mais fácil as crianças apresentaram um desempenho semelhante aos adultos jovens mais cedo do que nas situações em que o contexto foi mais difícil. Dessa forma, pode-se concluir que o desempenho do sistema de controle postural é dependente do contexto e talvez seja esta a razão de tantas contradições na literatura, principalmente no que se refere ao desenvolvimento do sistema de controle postural.

O sistema de controle postural de todos os participantes parece acoplar seu funcionamento aos mesmos parâmetros de posição e velocidade do estímulo visual já que todos os participantes exibiram um relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal semelhante. Porém, a forma como os participantes utilizam as informações

sensoriais é diferente. Especificamente, até os 10 anos de idade as crianças parecem ter dificuldades para lidar com as alterações da informação sensorial de modo a selecionar a informação mais relevante para a realização da tarefa, o que não acontece dos 12 anos em diante. Novamente, é também a partir desta idade que os participantes apresentaram um comportamento e um acoplamento entre informação visual e oscilação corporal semelhantes aos adultos jovens. Assim, da mesma forma que as mudanças no acoplamento entre informação sensorial e ação motora parecem estar relacionadas com o desempenho do controle postural, elas também parecem estar relacionadas aos processos adaptativos necessários para a adequação à qualidade do estímulo sensorial.

Dessa forma, a partir dos resultados do presente estudo, é possível concluir que o desenvolvimento do controle postural depende da aquisição de um acoplamento entre informação sensorial e ação motora coerente, estável e flexível, o que é conseguido por meio de processos adaptativos, que são necessários para a seleção da informação relevante para a realização da tarefa e para a adequação à qualidade do estímulo sensorial. Assim, os indivíduos devem ser capazes de acoplar suas oscilações à informação sensorial relevante para a realização da tarefa de modo coerente e estável e, diante de alterações no ambiente, adequadamente alterar o funcionamento do sistema de controle postural de maneira a se adaptar a estas alterações a fim de, novamente, selecionar a informação relevante para a realização da tarefa e, então, acoplar suas oscilações a esta informação.

REFERÊNCIAS

- ASHMEAD, D.A.; MCCARTY, M.E. Postural sway of human infants while standing in light and dark. *Child Development*, Chicago, v.62, n.6, p.1276-1287, 1991.
- ASSAIANTE, C.; WOOLLACOTT, M.; AMBLARD, B. Development of postural adjustment during gait initiation: kinematics and EMG analysis. *Journal of Motor Behavior*, Washington, v.32, n.3, p.211-226, 2000.
- BARELA, J.A. *Development of postural control: the coupling between somatosensory information and body sway*. 1997. 352f. Tese (Doctor of Philosophy) - College Park, University of Maryland, Maryland, 1997.
- BARELA, J.A. Estratégias de controle em movimentos complexos: ciclo percepção-ação no controle postural. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, suppl.3, p.79-88, 2000.
- BARELA, J.A., FREITAS JÚNIOR, P.B., GODOI, D.; POLASTRI, P.F. The acquisition of sitting position in infants: the coupling between visual information and trunk sway. In: KAMP, J.; LEDEBT, A.; SALVESBERG, G.; THELEN, E *Advances in motor development and learning in infancy*. Amsterdam: PrintPartners Ipskamp, 2001. p.23-26.
- BARELA, J.A., GODOI, D., FREITAS JÚNIOR, P.B.; POLASTRI, P.F. Visual information and body sway coupling in infants during sitting acquisition. *Infant Behavior & Development*, Norwood, v.23, n.3-4, p.285-287, 2000.
- BARELA, J.A., GODOI, D., FREITAS JÚNIOR, P.B.; POLASTRI, P.F. The coupling between visual information and trunk sway in infants and children. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, Champaign, v.23, suppl., p.S49, 2001.
- BARELA, J.A.; JEKA, J.J.; CLARK, J.E. The use of somatosensory information during the acquisition of independent upright stance. *Infant Behavior and Development*, Norwood, v.22, n.1, p.87-102, 1999.

BARELA, J.A.; JEKA, J.J.; CLARK, J.E. Postural control in children. *Experimental Brain Research*, New York, v.150, n.4, p.434-442, 2003.

BARELA, J.A.; POLASTRI, P.F.; GODOI, D. Controle postural em crianças: oscilação corporal e freqüência de oscilação. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, v.14, n.1, p.68-77, 2000.

BARELA, J.A.; POLASTRI, P.F.; FREITAS JÚNIOR, P.B.; GODOI, D. Efeito da exposição visual no acoplamento entre informação visual e controle postural em bebês. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, v.17, n.1, p.16-31, 2003.

BETENTHAL, B.I.; BAI, D.L. Infants' sensitivity to optical flow for controlling posture. *Developmental Psychology*, Washington, v.25, n.6, p.936-945, 1989.

BETENTHAL, B.I.; BOKER, S.M.; XU, M. Analysis of the perception-action cycle for visually induced postural sway in 9-month-old sitting infants. *Infant Behavior and Developmental*, Norwood, v.23, n.3-4, p. 299-315, 2000.

BUTTERWORTH, G.; HICKS, L. Visual proprioception and postural stability in infancy: a developmental study. *Perception*, London, v.6, n.3, p.255-262, 1977.

DELORME, A.; FRIGON, J.Y.; LAGACÉ, C. Infant's reactions to visual movement of the environment. *Perception*, London, v.18, p.667-673, 1989.

DIAS, J.L. *O acoplamento entre informação sensorial e ação motora em crianças com dislexia*. 2001. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

DIENER, H.C.; DICHGANS, J. On the role of vestibular, visual and somatosensory information for dynamic postural control in humans. In: POMPEIANO, O.; ALLUM, J.H.J. (Eds.) *Progress in brain research*. v.76. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1988.

DIJKSTRA, T.M.H.; SCHÖNER, G.; GIELEN, C.C.A.M. Temporal stability of the action-perception cycle for postural control in a moving visual environment. *Experimental Brain Research*, New York, v.97, n.3, p.477-486, 1994.

DIJKSTRA, T.M.H.; SCHÖNER, G.; GESE, M.A.; GELEN, C.C.A.M. Frequency dependence of the action-perception cycle for postural control in a moving visual environment: relative phase dynamics. *Biological Cybernetics*, New York, v.71, n.6, p.489-501, 1994.

DUFOSSÉ, M.; HUGON, M.; MASSION, J. Postural forearm changes induced by predictable in time or voluntary triggered unloading in man. *Experimental Brain Research*, New York, v.60, n.2, p.330-334, 1985.

FIGURA, F.; CAMA, G.; CAPRANICA, L.; GUIDETTI, L.; PULEJO, C. Assessment of static balance in children. *The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, Turin, v.31, n.2, p.235-242, 1991.

FITZPATRICK, R.; MCCLOSKEY, D.I. Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *Journal of Physiology*, Cambridge, v.478, n.1, p.173-186, 1994.

FORSSBERG, H.; NASHNER, L.M. Ontogenetic development of postural control in man: Adaptation to altered support and visual conditions during stance. *The Journal of Neuroscience*, Baltimore, v.2, n.5, p. 545-552, 1982.

FREITAS JÚNIOR, P.B. *Características comportamentais do controle postural de jovens, adultos e idosos*. 2003. 131f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

FREITAS JÚNIOR, P.B.; BARELA, J.A. Acoplamento percepção-ação no controle postural em função da percepção de auto-movimento e movimento do objeto. In: SEMINÁRIO DE COMPORTAMENTO MOTOR, 3., 2002, Gramado. *Anais...* Porto Alegre: Escola de Educação Física. UFRGS, 2002. 1 CD-ROM.

HAY, L.; REDON, C. Development of postural adaptation to arm raising. *Experimental Brain Research*, New York, v.139, n.2, p.224-232, 2001

HIGGINS, C.I.; CAMPOS, J.J.; KERMOIAN, R. Effect of self-produced locomotion on infant postural compensation to optic flow. *Developmental Psychobiology*, New York, v.32, n.5, p.836-841, 1996.

HORAK, F.B.; MACPHERSON, J.M. Postural orientation and equilibrium. In: ROWELL, L.B.; SHERPERD, J.T. (Ed.) *Handbook of physiology*: a critical, comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts. New York: Oxford American Physiological Society, 1996. p.255-92.

JEKA, J.J.; LACKNER, J.R. Fingertip contact influences human postural control. *Experimental Brain Research*, New York, v.100, n.3, p.495-502, 1994.

JEKA, J.J.; LACKNER, J.R. The role of haptic cues from rough and slippery surfaces in human postural control. *Experimental Brain Research*, New York, v.103, n.2, p.267-276, 1995.

JEKA, J.J.; OIE, K.; SCHÖNER, G.; DIJKSTRA, T.; HENSON, E. Position and velocity coupling of postural sway to somatosensory drive. *Journal of Neurophysiology*, Bethesda, v.79, n.4, p.1661-1674, 1998.

JEKA, J.J.; SCHÖNER, G.; DIJKSTRA, T.; RIBEIRO, P.; LACKNER, J.R. Coupling of fingertip somatosensory information to head and body sway. *Experimental Brain Research*, New York, v.113, n.3, p.475-483, 1997.

KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSEL, T.M. (Eds.) *Principles of neural science*. 3rd. Norwalk: Appleton & Lange, 1991.

KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSEL, T.M. (Eds.) *Essentials of neural science and behavior*, New York: McGraw-Hill, 1995.

LEDEBT, A.; BRIL, B.; BRENIÈRE, Y. The built-up of anticipatory behavior. *Experimental Brain Research*, New York, v.120, n.1, p.9-17, 1998

LEE, D.N.; ARONSON, E. Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception and Psychophysics*, Austin, v.15, p.529-532, 1974.

LEE, D.N.; LISHMAN, J.R. Visual proprioceptive control of stance. *Journal of Human Movement Studies*, London, v.1, p.87-95, 1975.

LISHMAN, J.R.; IEE, D.N. The autonomy of visual kinaesthesia. *Perception*, London, v.2, n.3, p.287-294, 1973.

OIE, K.S.; KIEMEL, T.; JEKA, J.J. Human multisensory fusion of vision and touch: detecting non-linearity with small changes in the sensory environment. *Neuroscience Letters*, Limerick, v.315, n.3, p.113-116, 2001.

OIE, K.S.; KIEMEL, T.; JEKA, J.J. Multisensory fusion: simultaneous re-weighting of vision and touch for the control of human posture. *Cognitive Brain Research*, Amsterdam, v.14, n.1, p.164-176, 2002.

POLASTRI, P.F., BARELA, A.M.F.; BARELA, J.A. Controle postural em idosos: relacionamento entre informação visual e oscilação corporal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 9., 2001, Gramado. *Anais...* Porto Alegre: Escola de Educação Física. UFRGS, 2001. v.2, p.132-137.

POLASTRI, P.F., GODOI; D., BARELA, J.A. Efeitos da prática sobre a dinâmica intrínseca do sistema de controle postural em adultos jovens. In: SEMINÁRIO DE COMPORTAMENTO MOTOR, 3., 2002, Gramado. *Anais...* Porto Alegre: Escola de Educação Física. UFRGS, 2002. 1 CD-ROM.

PORTFORS-YEOMANS, C.; RIACH, C.L. Frequency characteristics of postural control of children with and without visual impairment. *Developmental Medicine and Child Neurology*, London, v.37, n.5, p.456-463, 1995.

PYYKKÖ, I.; AALTO, H.; HYTÖNEN, M.; STARCK, J.; JÄNTTI, P.; RAMSAY, H. Effect of age on postural control. In: AMBLARD, B.; BERTHOZ, A.; CLARAC, F. (Eds.) *Posture and gait: development, adaptation and modulation*. Oxford: Excerpta Medica, 1988. p.95-104.

REED, E.S. Changing theories of postural development. In. WOOLLACOTT, M.H.; SHUMWAY-COOK, A. (Ed.) *Development of posture and gait: across the life span*. Columbia: University of South Carolina Press, 1989. p.3-24.

RIACH, C.L. HAYES, K.C. Maturation of postural control in young children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, London, v.29, n.5, p.650-658, 1987.

RIACH, C.L.; STARKES, J.L. Stability limits of quiet standing postural control in children and adults. *Gait and Posture*, Amsterdam, v.1, p.105-111, 1993.

RIACH, C.L.; STARKES, J.L. Velocity of center of pressure excursions as an indicator of postural control systems in children. *Gait and Posture*, Amsterdam, v.2, p.167-172, 1994.

SCHMITZ, C.; MARTIN, N.; ASSAIANTE, C. Development of anticipatory postural adjustments in a bimanual load-lifting task in children. *Experimental Brain Research*, New York, v.126, n.2, p.200-204, 1999.

SCHMITZ, C.; MARTIN, N.; ASSAIANTE, C. Building anticipatory postural adjustment during childhood: a kinematic and electromyographic analysis of unloading in children from 4 to 8 years of age. *Experimental Brain Research*, New York, v.142, n.3, p.354-364, 2002.

SCHMUCKLER, M.A. Children's postural sway in response to low- and high-frequency visual information for oscillation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Arlington, v.23, n. 2, p.528-545, 1997.

SCHÖNER, G. A dynamical theory of coordination of discrete movement. *Biological Cybernetics*, New York, v.63, n.4, p.257-270, 1990.

SCHÖNER, G. Dynamic theory of action-perception patterns: the "moving room" paradigm. *Biological Cybernetics*, New York, v.64, n.6, p.455-462, 1991.

SCHÖNER, G.; KELSO, J.A.S. Dynamic pattern generation in behavioral and neural systems. *Science*, New York, v.239, n. 4847, p.1513-1520, 1988a.

SCHÖNER, G.; KELSO, J.A.S. A synergetic theory of environmentally-specified and learned patterns of movement coordination. I. Relative phase dynamics. *Biological Cybernetics*, New York, v.58, n.2, p.71-80, 1988b.

SCHÖNER, G.; KELSO, J.A.S. A synergetic theory of environmentally-specified and learned patterns of movement coordination. II. Component oscillator dynamics. *Biological Cybernetics*, New York, v.58, n.2, p.71-80, 1988c.

SCHÖNER, G.; DIJKSTRA, T.M.H.; JEKA, J.J. Action-perception patterns emerge from coupling and adaptation. *Ecological Psychology*, Hartford, v.10, n.3-4, p.323-346, 1998.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.H. The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *Journal of Motor Behavior*, Washington, v.17, n.2, p.131-147, 1985.

SOAMES, R.W.; ATHA, J. The spectral characteristics of postural sway behavior. *European Journal of Applied Physiology*, Heidelberg, v.49, n.2, p.169-177, 1982.

STOFFREGEN, T.A.; SCHMUCKLER, M.A.; GIBSON, E.J. Use of central and peripheral optical flow in stance and locomotion in young walkers. *Perception*, London, v.16, n.1, p.113-119, 1987.

STREEPEY, J.W.; ANGULO-KINZLER, R.M. The role of task difficult in the control of dynamic balance in children and adults. *Human Movement Science*, Amsterdam, v.21, n.4, p.423-438, 2002.

TAGUCHI, K.; TADA, C. Change of body sway with growth of children. In: AMBLARD, B.; BERTHOZ, A.; CLARAC, F. (Eds.) *Posture and gait: development, adaptation and modulation*. Oxford: Excerpta Medica, 1988. p.59-65.

USUI, N.; MAEKAWA, K.; HIRASAWA, Y. Development of the upright postural sway of children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, London, v.37, n.11, p.985-996, 1995.

VAN DER HEIDE, J.C.; OTTEN, B.; VAN EYKERN, L.A.; HADDERS-ALGRA, M. Development of postural adjustments during reaching in sitting children. *Experimental Brain Research*, New York, v.151, n.1, p.32-45, 2003

WADE, M.G.; LINDQUIST, R.; TAYLOR, J.R.; TRET-JACOBSON, D. Optical flow, spatial orientation , and the control of posture in the elderly. *Journal of Gerontology and Psychological Science*, Princeton, v.30, n.1, p.51-58, 1995.

WITHERINGTON, D.C.; von HOFSTEN, C.; ROSANDER, K.; ROBINETTE, A.; WOOLLACOTT, M.H.; BERTENTHAL, B.I. The development of anticipatory postural adjustments in infancy. *Infancy*, Mahwah, v. 3, n.4, p.495-517, 2002

WOOLLACOTT, M.H. Posture and gait from newborn to elderly. In: AMBLARD, B.; BERTHOZ, A.; CLARAC, F. (Eds.) *Posture and gait: development, adaptation and modulation*. Oxford: Excerpta Medica, 1988. p.3-12.

WOOLLACOTT, M.H.; SHUMWAY-COOK, A. Changes in posture control across the life span - A systems approach. *Physical Therapy*, Alexandria, v.70, n.12, p.799-807, 1990.

WOOLLACOTT, M.H.; DEBÚ, B.; MOWATT, M. Neuromuscular control of posture in the infant and child: is vision dominant? *Journal of Motor Behavior*, Washington, v.19, n.2, p.167-186, 1987.

WOOLLACOTT, M.H.; SHUMWAY-COOK, A.; NASHNER, L.M. Aging and posture control changes in sensory organization and muscular coordination. *International Journal of Aging and Human Development*, New York, v.23, n.2, p.97-114, 1986.

WOLFF, D.R.; ROSE, J.; JONES, V.K.; BLOCH, D.A.; OEHLERT, J.W.; GAMBLE, J.G. Postural balance measurements for children and adolescents. *Journal of Orthopaedic Research*, New York, v.16, n.2, p.271-275, 1998.

ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.



Av. 24-A nº. 1515 - C.P. 199 - CEP 13506-900 - Rio Claro-SP - #### (019) 526 4100 ramais 4170/4171 - FAX (019) 534-0009

Rio Claro, 8 de Março de 2002

Interessado: Prof. Dr. José Ângelo Barela – Depto. de Educação Física

Assunto: Análise de Projeto de Pesquisa

Prezado Senhor:

Venho por meio desta acusar o recebimento de documentos referentes à carta de consentimento livre e esclarecido e informações sobre a responsabilidade do pesquisador e da Instituição onde será realizada a pesquisa “Desenvolvimento do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças de 4 a 14 anos” (protocolo 001566 de 14/03/2002). O referido projeto já havia sido analisado pelo CEP, que deu parecer pendente frente à ausência dos documentos mencionados acima. Uma vez que esta pendência foi satisfatoriamente resolvida, tenho o prazer de encaminha em anexo o parecer favorável exarado pelo membro do CEP, Prof. Dr. José Roberto Moreira de Azevedo

Sendo o que se apresenta para o momento, reitero meus protestos de consideração e coloco-me à disposição para eventuais esclarecimentos

UNESP
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
DE RIO CLARO
MAR 02 1998
SÉC. DE GESTÃO
ADMISTRAÇÃO
PROJETO DE PESQUISA

Atenciosamente,

Prof. Dr. Afonsovaldo Pereira da Cruz-Neto

Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa – IB – UNESP – Rio Claro

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO.

TERMO DE CONSENTIMENTO

Projeto: “*Acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças de 4 a 14 anos*”

Declaração: Eu declaro que tenho mais que 18 anos e permito que meu (minha) filho (a) participe do projeto de pesquisa conduzido pela mestrandra Daniela Godoi sob a orientação do Prof. José Angelo Barela no Laboratório para Estudos do Movimento (LEM) - Depto. de Educação Física - Instituto de Biociências - UNESP/RC.

Objetivo: Eu entendo que o objetivo deste projeto é examinar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças de 4 a 14 anos de idade.

Procedimentos: Os procedimentos deste projeto requerem uma visita ao LEM quando meu (minha) filho (a) deverá permanecer em pé, com os braços colocados ao lado do corpo, dentro de uma “sala móvel” durante 60 segundos e 17 tentativas, tendo que permanecer olhando para frente.

Riscos: Eu entendo que meu (minha) filho (a) não corre risco algum decorrente da participação neste projeto.

Confidencialidade: Eu entendo que todas as informações coletadas no estudo são confidenciais e que o nome de meu (minha) filho (a) não será divulgado em momento algum. Ainda, toda e qualquer informação será utilizado para fins acadêmicos.

Benefícios: Eu entendo que o desenvolvimento deste projeto e a participação de meu (minha) filho (a) não proporcionarão quaisquer benefícios para ele (a), sendo que este projeto busca apenas compreender o relacionamento entre informação visual e controle postural.

Liberdade para interromper a participação: Eu entendo que a qualquer momento posso pedir para interromper a participação de meu (minha) filho (a) na realização do experimento. Eu também entendo que, se assim eu desejar, o responsável pelo estudo irá fornecer os resultados da participação de meu (minha) filho (a) em outra oportunidade.

Identificação do responsável pelo estudo:

Mestranda DANIELA GODOI
 Laboratório para Estudos do Movimento
 Depto de Educação Física - IB - UNESP/RC
 Av: 24-A, 1515 - Bela Vista
 Rio Claro - SP CEP: 13505-900
 Fone: (19) 3526-4312

Identificação do orientador do estudo:

Prof. Dr. JOSÉ ANGELO BARELA
 Laboratório para Estudos do Movimento
 Depto de Educação Física - UNESP/RC
 Av: 24-A, 1515 - Bela Vista
 Rio Claro - SP CEP: 13505-900
 Fone: (19) 3526-4108

NOME DO RESPONSÁVEL: _____

ENDEREÇO: _____ CIDADE/ESTADO: _____

CEP: _____

Telefone: (____) _____

RG: _____

CPF: _____

Nome do Participante

Data de Nascimento

Assinatura do Responsável

Assinatura do Responsável pelo Estudo