

CONTROLE POSTURAL EM ADULTOS COM SÍNDROME DE DOWN:
ACOPLAMENTO ENTRE INFORMAÇÃO SENSORIAL E OSCILAÇÃO
CORPORAL

MATHEUS MACHADO GOMES

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

RIO CLARO
Estado de São Paulo-Brasil
Janeiro/2007

CONTROLE POSTURAL EM ADULTOS COM SÍNDROME DE DOWN:
ACOPLAMENTO ENTRE INFORMAÇÃO SENSORIAL E OSCILAÇÃO
CORPORAL

MATHEUS MACHADO GOMES

Orientador: JOSÉ ANGELO BARELA

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

RIO CLARO
Estado de São Paulo-Brasil
Janeiro/2007

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contempla a realização de um sonho profissional, que só virou realidade graças a **DEUS** e a contribuição de diversas pessoas. Por isso, agradeço a **DEUS** e a todos que colaboraram para este acontecimento, especialmente:

Ao meu Orientador e Professor Dr. **José A. Barela**, pelos ensinamentos e pelo direcionamento nas mais profundas reflexões científicas. Agradeço também ao “Profissional” **José A. Barela** pelo exemplo de dignidade, dedicação e trabalho.

Aos **professores da pós graduação da UNESP** de Rio Claro que contribuíram para minha formação.

A Profa Dra **Eliane Mauerberg de Castro** e a Profa Dra **Nelci Adriana C. F. Rocha** que deram importantes contribuições a este estudo.

As **instituições** e aos **pais ou responsáveis** que gentilmente permitiram a participação de seus alunos e filhos neste trabalho.

A **todos os participantes** deste estudo, em especial, aos com síndrome de Down que me ensinaram que não existe limite para o ser humano.

A **todos os integrantes do LEM** pela ajuda e amizade durante todo esse processo. Com certeza aprendi muito com cada um de vocês. Um agradecimento especial a **Carol** e a **Paula** que sempre tiveram muita paciência e boa vontade para ajudar, principalmente no início, quando eu mais precisei.

A **Ana Barela**, por todo apoio acadêmico e pelas inúmeras dicas profissionais.

Ao **Andrei** e a **Gisele** pela ajuda na coleta.

Ao **CNPq** pelo apoio financeiro.

Aos **meus professores da graduação** (UNAERP - Ribeirão Preto) que me deram a base científica necessária para o ingresso no mestrado.

Ao Professor **Marcelo Jabur**, pela ajuda e pela força na fase de elaboração do projeto de pesquisa.

A professora **Sônia Cavalcanti Corrêa** que me inspirou para enveredar no caminho do desenvolvimento acadêmico.

Aos meus amigos de república antigos (**Wonder e Carlão**) e atuais (**Ivan e Marcelo**) pelo companheirismo e convivência durante todo esse tempo.

Aos **meus amigos em geral** que, mesmo distantes, sempre me apoiaram.

A toda **minha família**, principalmente, a minha avó **Lucia**, a minha irmã **Andréa**, e aos meus sobrinhos **Victor Hugo** e **Leticia**. Vocês contribuem para minha felicidade e produtividade.

A minha amada **Eli**, companheira nos momentos mais difíceis. Obrigado pela força, compreensão e todo seu amor.

Por fim, agradeço a minha mãe **Lourdes**, pelo imensurável esforço carinho e dedicação durante toda minha vida. Sem ela nada disso seria possível. **Mãe este trabalho é dedicado a você.**

RESUMO

Um aspecto importante do comportamento motor de adultos com síndrome de Down (SD) é a menor estabilidade no controle postural comparado a seus pares neurologicamente normais (NN). O sistema de controle postural baseia-se no acoplamento dinâmico entre informação sensorial e ação motora para controlar a postura. Sendo assim, uma pergunta que surge é se adultos com SD relacionam informação sensorial com ação motora da mesma forma que seus pares NN. Buscando esclarecer esta questão, o objetivo deste estudo foi investigar o acoplamento entre informação sensorial e oscilação corporal em adultos com SD e analisar a influência da informação sensorial na ação motora dessa população. Vinte adultos com SD ($25,8 \pm 4$ anos) e vinte adultos NN ($25,6 \pm 4$ anos) participaram do estudo. Estes participantes mantiveram a posição em pé no interior de uma “sala móvel”, olhando para um alvo posicionado 1m a frente deles, na altura dos olhos. Dois experimentos foram realizados envolvendo diferentes formas de movimentação da sala. No Experimento 1, a sala foi movimentada continuamente (para frente e para trás), durante 60 segundos, nas frequências de 0,1, 0,2 e 0,5 Hz e amplitudes de 1, 0,5, e 0,2 cm, respectivamente. A velocidade de pico foi mantida em 0,6 cm/s para todas as frequências e amplitudes de movimento. Neste experimento, foram realizadas 10 tentativas, sendo uma sem movimento da sala e três tentativas em cada frequência de movimento da sala. No Experimento 2, a sala foi movimentada discretamente, com um único movimento, aproximando ou afastando do

participante. A sala foi movimentada durante 2 segundos com amplitude de 2,6 cm/s e velocidade média de 1,3 cm/s. Cada tentativa durou 20 segundos, sendo os primeiros 4 segundos sem movimento da sala, 2 segundos com movimento e os últimos 14 segundos sem movimento da sala novamente. Neste experimento, foram realizadas 6 tentativas, 3 com a sala aproximando e 3 com a sala afastando do participante. O movimento da sala e a oscilação corporal dos participantes foram obtidos através do sistema OPTOTRAK. Nas condições com movimento da sala (com informação sensorial destacada), adultos com SD e NN apresentaram comportamento similar, apenas com SD apresentando maior variabilidade na oscilação corporal. Isto indica que adultos com SD acoplam a oscilação corporal à informação sensorial da mesma forma que seus pares NN. Mais ainda, este resultado indica que funcionalmente o sistema de controle postural de adultos com SD é similar ao de adultos NN, porém, com mais ruído envolvido na dinâmica de oscilação corporal. Por outro lado, os resultados referentes às condições sem movimento da sala (sem informação sensorial destacada) mostraram que adultos com SD oscilavam mais que seus pares NN. Isto indica que quando nenhuma informação sensorial está destacada indivíduos com SD têm dificuldade para captar aquela mais importante para realizar a tarefa motora. Com base nesses resultados, sugerimos que a maior quantidade de ruído inerente ao sistema de controle postural de adultos com SD faz com que estes indivíduos apresentem maior variabilidade no acoplamento entre informação sensorial e ação motora e, ainda, tenham dificuldade para captar a informação sensorial relevante para realizar a tarefa, o que conseqüentemente, faz com que estes indivíduos

oscilem mais que seus pares NN quando esta informação sensorial não está destacada.

ABSTRACT

An important aspect of motor behavior of adults with Down syndrome (SD) is their lower postural stability compared to neurologically normal (NN) adults. The postural control system is based upon dynamical coupling between sensory information and motor action to control the posture. In this way, a question that arises is if adults with DS couple sensory information to motor action in the same way that their NN peers. In order to clarify this question, the purpose of this study was to investigate the coupling between sensory information and body sway in adults with DS and to analyze the influence of sensory information in the motor action of this population. Twenty adults with DS (25.8 ± 4 years) and twenty NN adults (25.6 ± 4 years) participated in this study. These participants maintained the upright stance inside a “moving room” looking at a target positioned 1 m from them, at their eyes level. Two experiments were conducted involving different forms of room movement. In the Experiment 1, the room was moved continuously (back and forward) during 60 s at frequencies of 0.1, 0.2, and 0.5 Hz, with amplitudes of 1, 0.5, and 0.2 cm, respectively. The peak velocity was 0.6 cm/s for all movement frequencies and amplitudes. In this experiment, it was performed 10 trials: one trial without room movement and three trials in each frequency of room movement. In the Experiment 2, the room was moved discretely, with only one movement, forward or backward. The room was moved during 2 s at amplitude of 2.6 cm and mean velocity of 1.3 cm/s. Each trial lasted 20 seconds, with the first 4 s without room movement, 2 s with room displacement, and the last 14 seconds,

again, without room movement. In this experiment, it was performed 6 trials, 3 trials with the room moving backward and 3 trials with the room moving forward. The room movement and the participants' body sway were obtained through the OPTOTRAK system. In the condition with room movement (with enhanced sensory information), adults with DS and NN subjects showed similar behavior, only with DS individuals presenting larger body sway variability. This indicates that adults with DS couple the body sway to sensory information similarly to their NN peers. Indeed, this result indicates that, functionally, postural control system of adults with DS is similar to NN adults, however, with more noise involved in the dynamic of body sway. On the other hand, the results regarding the conditions without room movement (without highlighted sensory information) showed that adults with DS oscillated more than NN peers. This indicates that when no sensory information is enhanced, individuals with DS seem to have difficulties in extracting the most relevant information to perform the motor task. Taken these results together, we suggest that the high level of noise, inherent to postural control system of adults with DS, leads these individuals to show higher variability in the coupling between sensory information and motor action than their NN peers, and also it leads these individuals to have difficulties in extracting the most relevant information to perform the task and, consequently, it leads these individuals to oscillate more than NN peers when sensory information is not enhanced.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE APÊNDICES	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Síndrome de Down	4
2.1.1 Caracterização	7
2.1.2 Controle Motor	8
2.2 Controle Postural	18
2.2.1 Controle Postural em pessoas com Síndrome de Down	21
2.2.2 Relacionamento entre informação sensorial e ação motora	26
3 OBJETIVOS	33
3.1 Objetivo geral	33
3.2 Objetivos específicos	34
3.2.1 Experimento 1	34
3.2.2 Experimento 2	34
4 MATERIAL e MÉTODOS	35
4.1 Participantes	35
4.2 Procedimentos	37
4.2.1 Experimento 1	40

4.2.2 Experimento 2	42
4.3 Tratamento e Análise dos Dados	43
4.4 Análise Estatística	46
5. RESULTADOS	48
5.1 Experimento 1	48
5.1.1 Comportamento nas tentativas sem movimento da sala.....	48
5.1.2 Comportamento nas tentativas com movimento contínuo da sala... 50	
5.1.3 Acoplamento entre a informação visual e a oscilação corporal nas tentativas com movimento contínuo da sala.	54
5.2 Experimento 2	59
5.2.1 Comportamento nas tentativas com movimento discreto da sala	59
5.2.2 Influência da informação visual na oscilação corporal nas tentativas com movimento discreto da sala.....	62
5.2.3 Relacionamento entre a informação visual e a oscilação corporal nas tentativas com movimento discreto da sala.....	64
6. DISCUSSÃO	66
7. CONCLUSÃO	80
8. REFERÊNCIAS.....	82
ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa (IB-UNESP/RC)	96

LISTA DE TABELAS

Páginas

Tabela 1: Gênero, idade (anos), massa corporal (Kg) e estatura (centímetros) dos participantes do grupo SD.....	36
Tabela 2: Gênero, idade (anos), massa corporal (Kg) e estatura (centímetros) dos participantes do grupo NN.....	37

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1: Vista frontal e lateral da sala móvel utilizada na situação experimental.	38
Figura 2: Representação esquemática de todos os equipamentos que foram utilizados neste estudo.....	40
Figura 3: Exemplos de séries temporais da oscilação corporal nas direções ântero-posterior (painéis a e b) e médio-lateral (painéis c e d) de um participante com SD (painéis a e c) e de um participante NN (painéis b e d) em uma tentativa que a sala não foi movimentada.....	49
Figura 4: Médias e desvios-padrão da amplitude média de oscilação (a) e da frequência mediana de oscilação (b) nas direções ântero-posterior e médio-lateral para os grupos SD e NN.	50
Figura 5: Exemplo de uma tentativa de um participante com SD com movimentação contínua da sala na frequência de 0,2 Hz. O painel (a) apresenta o movimento da sala e a oscilação corporal do indivíduo durante a tentativa, o painel (b) apresenta a fase entre o movimento da sala e a oscilação corporal e o painel (c) apresenta o espectro do movimento da sala e da oscilação corporal. Nota: na legenda SMap é a movimentação da sala móvel na direção ântero-posterior e OCap é a oscilação corporal na direção ântero-posterior.	51

- Figura 6: Exemplo de uma tentativa de um participante NN com movimentação contínua da sala na frequência de 0,2 Hz. O painel (a) apresenta o movimento da sala e a oscilação corporal do indivíduo durante a tentativa, o painel (b) apresenta a fase entre o movimento da sala e a oscilação corporal e o painel (c) apresenta o espectro do movimento da sala e da oscilação corporal. Nota: na legenda SMap é a movimentação da sala móvel na direção ântero-posterior e OCap é a oscilação corporal na direção ântero-posterior. 52
- Figura 7: Médias e desvios-padrão da amplitude média de oscilação (a) e da frequência média de oscilação (b) nas três frequências em que a sala foi movimentada (0,1, 0,2 e 0,5 Hz) para os grupos SD e NN. 54
- Figura 8: Médias e desvios-padrão do ganho nas três frequências em que a sala foi movimentada (0,1, 0,2 e 0,5 Hz) para os grupos SD e NN. 56
- Figura 9: Médias e desvios-padrão da fase nas três frequências em que a sala foi movimentada (0,1, 0,2 e 0,5 Hz) para os grupos SD (a) e NN (b). 57
- Figura 10: Médias e desvios-padrão da amplitude de oscilação na frequência de estímulo nas três frequências em que a sala foi movimentada (0,1, 0,2 e 0,5 Hz) para os grupos SD e NN. 58
- Figura 11: Médias e desvios-padrão da variabilidade nas três frequências em que a sala foi movimentada (0,1, 0,2 e 0,5 Hz) para os grupos SD e NN. 59
- Figura 12: Exemplo da oscilação corporal na direção ântero-posterior de um indivíduo com SD em uma tentativa em que a sala afastou do

participante. Nota: na legenda SMap é a movimentação da sala móvel na direção ântero-posterior e OCap é a oscilação corporal na direção ântero-posterior..... 60

Figura 13: Exemplo da oscilação corporal na direção ântero-posterior de um indivíduo NN em uma tentativa em que a sala afastou do participante. Nota: na legenda SMap é a movimentação da sala móvel na direção ântero-posterior e OCap é a oscilação corporal na direção ântero-posterior..... 61

Figura 14: Médias e desvios-padrão da amplitude média de oscilação antes e após o movimento da sala para os grupos SD e NN nas condições de movimento da sala afastando e aproximando do participante. 62

Figura 15: Médias e desvios-padrão do deslocamento corporal (a) e do tempo de deslocamento (b) para os grupos SD e NN nas condições de movimento da sala afastando e aproximando do participante. 63

Figura 16: Médias e desvios-padrão do coeficiente de correlação (a) e da diferença temporal (b) para os grupos SD e NN nas condições de movimento da sala afastando e aproximando do participante. 65

LISTA DE APÊNDICES**Páginas**

APÊNDICE A – Termo de Consentimento	97
APÊNDICE B – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação (AMO) e frequência mediana de oscilação (Fmed) nas direções ântero-posterior (ap) e médio-lateral (ml) dos grupo SD e NN nas tentativas em que a sala não foi movimentada	99
APÊNDICE C – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação (AMO), frequência media de oscilação (FM), ganho, fase, amplitude de oscilação na frequência de estímulo (AF) e variabilidade (VAR) dos grupos SD e NN nas tentativas em que a sala foi movimentada de forma contínua na frequência de 0,1 Hz.	101
APÊNDICE D – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação (AMO), frequência media de oscilação (FM), ganho, fase, amplitude de oscilação na frequência de estímulo (AF) e variabilidade (VAR) dos grupos SD e NN nas tentativas em que a sala foi movimentada de forma contínua na frequência de 0,2 Hz.	103
APÊNDICE E – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação (AMO), frequência media de oscilação (FM), ganho, fase, amplitude de oscilação na frequência de estímulo (AF) e variabilidade (VAR) dos grupos SD e NN nas tentativas em que a sala foi movimentada de forma contínua na frequência de 0,5 Hz.	105

APÊNDICE F – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação antes (AMO_a) e após o movimento da sala (AMO_p), deslocamento corporal (DC), tempo de deslocamento (TD), coeficiente de correlação cruzada (CC) e diferença temporal (DF) dos grupos SD e NN nas tentativas em que a sala foi movimentada de forma discreta afastando do participante..... 107

APÊNDICE G – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação antes (AMO_a) e após o movimento da sala (AMO_p), deslocamento corporal (DC), tempo de deslocamento (TD), coeficiente de correlação cruzada (CC) e diferença temporal (DF) dos grupos SD e NN nas tentativas em que a sala foi movimentada de forma discreta aproximando do participante..... 109

1. INTRODUÇÃO

A Síndrome de Down (SD) é a principal causa genética de deficiência mental representando um terço dos retardos mentais de moderados a graves (GARCIAS; MARTINO-ROTH; MESKO; BOFF, 1995). No Brasil, estima-se que existam atualmente cerca de 300 mil indivíduos com SD. Esta representativa população apresenta comprometimentos em diversas áreas, dentre estas, na área de comportamento motor (BUTTERWORTH; CICHETTI, 1978; LATASH; KANG; PATTERSON, 2002; POLASTRI; BARELA, 2005; SPANÒ; MERCURI; RANDÒ; PANTÒ; GAGLIANO; HENDERSON; GUZZETTA, 1999; ULRICH; ULRICH; ANGULO-KINZLER; CHAPMAN, 1997).

Em função da importância dos movimentos nas tarefas cotidianas, e considerando que o controle motor é um fator importante para garantir a independência funcional, os aspectos motores necessitam ser melhor investigados nesta população. Barela e colaboradores (BARELA, 1999; BARELA; JEKA; CLARK, 2003) sugerem que um dos processos responsáveis pela aquisição e aprimoramento de uma tarefa motora envolve a identificação e

refinamento do acoplamento entre informação sensorial e ação motora. Especificamente, este acoplamento representa a capacidade do sistema em captar e integrar as informações sensoriais para identificar a dinâmica de oscilação corporal e produzir a contração da musculatura apropriada. Considerando a relevância deste acoplamento, o presente estudo supõe que um dos motivos que levam as diferenças motoras, encontradas na população com SD, possa estar na forma como estas pessoas relacionam as informações sensoriais com a ação motora. Um modo de investigar este relacionamento é através da análise do controle postural, visto que, para manutenção da postura ereta é necessário um acoplamento sensório-motor similar ao utilizado para os demais movimentos.

O relacionamento sensório-motor pode ser melhor investigado quando se manipula um dado sistema sensorial e observa a resposta motora (Schöner, Dijkstra, Jeka, 1998). Nesta abordagem, é fornecido um estímulo para um determinado sistema sensorial (ex. visual), com parâmetros específicos, e observa-se a resposta do sistema de controle postural a partir da oscilação corporal. Assim, com base na resposta motora desencadeada frente ao estímulo fornecido é possível fazer inferências sobre como o sistema integra e responde à informação manipulada, ou seja, o relacionamento sensório-motor.

Uma das formas de manipular um sistema sensorial é através do paradigma da “sala móvel”. Neste paradigma, o sistema sensorial manipulado é o visual. A sala móvel possui paredes e teto que podem ser movimentados independentemente do chão. Quando este movimento ocorre, o sistema visual é estimulado podendo causar a ilusão de auto-movimento no indivíduo. A magnitude

do movimento da sala (amplitude, velocidade e frequência) é previamente determinada pelo examinador e, com isso, é possível observar de forma mais detalhada o acoplamento entre um estímulo visual e a conseqüente ação motora, inferida a partir da análise da oscilação corporal.

Desta forma, a investigação do relacionamento entre informação sensorial e ação motora através da sala móvel torna-se uma ferramenta interessante para estudar a dinâmica de controle postural, principalmente, quando consideramos indivíduos que podem apresentar alterações na dinâmica de funcionamento deste sistema, como é o caso das pessoas com SD. Neste sentido, o presente estudo examinou o acoplamento entre informação sensorial e ação motora em adultos com SD e neurologicamente normais (NN) na tarefa de manutenção da postura em diversas situações de movimentação da sala móvel.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Síndrome de Down.

Em 1959 Jerome Lejeune e Patrícia Jacobs descobriram que a Síndrome de Down (SD) é uma alteração genética causada pela presença de um cromossomo 21 adicional (trissomia 21). Entretanto, através de novas investigações foi verificado que não havia necessidade de uma trissomia completa do cromossomo 21 para que a síndrome ocorresse. Aparentemente, a duplicação do braço longo desse cromossomo já seria suficiente para que o fenótipo da SD ficasse evidente (CARAKUSHANSKY, 2001).

Com a análise do cariótipo de crianças com SD obteve-se a identificação de três tipos de desequilíbrios cromossômicos. O tipo mais comum, que acomete 95% dos casos de SD, é a trissomia 21. Este tipo de alteração genética ocorre na fase de divisão celular. Durante a formação cromossômica, acontece a não-disjunção dos cromossomos que leva ao aparecimento de um cromossomo extra

no par 21. Com isso, o cariótipo normal que deveria conter 46 cromossomos, passa a ter 47, sendo o terceiro cromossomo do par 21 responsável pela síndrome. Em menos de 5% dos casos encontra-se o segundo tipo de anormalidade cromossômica, denominada translocação. Nesta alteração, além de um par normal de cromossomos 21, existe um cromossomo 21 adicional, resultante da fusão com outro cromossomo acrocêntrico que pode ser um cromossomo 13, 14, 15, 22 ou mesmo um outro 21. Em uma escala de ocorrência ainda menor encontra-se o mosaïcismo, que é um dos casos mais raros de Síndrome de Down, responsável por menos de 2% dos aparecimentos. Neste tipo, estão presentes no cariótipo dos indivíduos células citogeneticamente normais ao lado de células trissômicas. Nos casos “mosaicos”, a proporção entre células normais e trissômicas é variável podendo determinar desde características mínimas da SD até os casos mais clássicos (CARAKUSHANSKY, 2001; SCHWARTZMAN, 1999; SHERRIL, 1998).

Apesar do conhecimento das alterações cromossômicas ocasionadas por diferentes fenômenos, os fatores que conduzem a estas alterações ainda não foram completamente esclarecidos. Sabe-se que a SD acomete todos os grupos étnicos e ambos os gêneros (CARAKUSHANSKY, 2001; SCHWARTZMAN, 1999). Carakushansky (2001) observou que existe uma discreta preponderância para o sexo masculino, mas a razão para esta pequena diferença entre os dois sexos é desconhecida. Schwartzman (1999) considera que a idade materna representa o principal fator de risco associado à incidência, descrevendo que a probabilidade de nascimento de uma criança com SD aumenta com o avançar da idade da mãe. De fato, Antonarakis (1991) revela que 95% dos casos de trissomia por não

disjunção ocorre no óvulo e somente 5% dos casos ocorre no espermatozóide. Outros fatores, como influências ambientais (radiações, mutações genéticas pelo uso de drogas, condições socioeconômicas), idade paterna e a predisposição genética já foram apontados como possíveis agentes causais, porém, o único fator universalmente reconhecido e comprovado como favorecedor do evento seria a idade materna (CARAKUSHANSKY, 2001; SCHWARTZMAN, 1999). Em um estudo recente Malini e Ramachandra (2006) encontraram que a idade da avó materna representa um fator de alta correlação com o nascimento de uma criança com SD. Os autores propõem que a idade avançada da avó materna ao gerar sua filha poderia causar distúrbios de meiose celular nesta filha. Assim quando esta filha estivesse adulta e fosse ter seu próprio filho sua chance de gerar um bebê com SD seria maior, porém ainda são necessárias mais investigações para esclarecer este fato.

Em resumo, a SD pode ser definida como uma cromossomopatia, cujo quadro clínico global é explicado por um desequilíbrio na constituição cromossômica. Esta modificação cromossômica desencadeia um desenvolvimento alterado de certas partes do corpo durante os estágios iniciais de gestação (embrião) (GARCIAS; MARTINO-ROTH; MESKO; BOFF, 1995; KAPLAN; SADOCK; GREBB, 1997), que conseqüentemente conduzem à formação de um conjunto de características físicas, cognitivas, e motoras específicas desta população.

2.1.1 Caracterização

No século XIX, o médico inglês Jonh Langdon Down identificou algumas das características fenotípicas que distinguem as crianças com SD de outras com outros tipos de retardo mental. Embora existam mais de 80 características físicas associadas a esta síndrome, as mais relatadas são: face arredondada e com perfil achatado, discreta inclinação dos olhos para cima, braquicefalia, língua protusa, nariz e orelhas pequenas, pescoço curto e alargado com excesso de pele na nuca, linha transversa única na palma da mão (prega simiesca), maior separação entre o hálux e o segundo dedo do pé (“sinal sandália”), estatura abaixo da esperada para a média de altura dos pais, membros curtos, hipotonia muscular, frouxidão ligamentar, entre outras (CARAKUSHANSKY, 2001; HAYES; BATSHAW, 1993; SCHWARTZMAN, 1999; SHERRIL, 1998; WINNICK, 2000). Ainda, crianças com SD possuem um risco aumentado para desenvolver inúmeras complicações clínicas que podem influenciar na saúde e no desenvolvimento. Dentre estas, problemas cardiovasculares, pulmonares, visuais, auditivos e de atenção estão entre os mais diagnosticados (CARAKUSHANSKY, 2001; HAYES; BATSHAW, 1993; SCHWARTZMAN, 1999; SHERRIL, 1998; WADE; EMMERIK; KERNOZEK, 2000; WINNICK, 2000).

De acordo com Pueschel (2000), a maneira como os genes do cromossomo extra atuam na seqüência normal do desenvolvimento ainda não foi completamente entendida, mas já se tem registros que a SD interfere no desenvolvimento motor (SPANÒ; MERCURI; RANDÒ; PANTÒ; GAGLIANO; HENDERSON; GUZZETTA, 1999), social, emocional, cognitivo, da linguagem (ELLIOTT, 1990; HICK; BOTTING; CONTI-RAMSDEN, 2005) e da auto-suficiência

(HARTLEY, 1986; JOBLING; MON-WILLIAMS, 2000). Para Winnick (2000), a hipermobilidade articular, a instabilidade postural, a dificuldade de percepção, os déficits visuais e auditivos e o baixo tônus muscular são os principais comprometimentos que somados às deficiências cognitivas podem afetar o desenvolvimento motor desta população.

Desta forma, através do conhecimento das características dessa população e seus comprometimentos é possível investigar o relacionamento entre estes fatores e de que maneira eles interferem na vida dessas pessoas em seu aspecto funcional. Dentre os problemas mais encontrados na vida diária dos indivíduos com SD estão a dificuldade de coordenação e controle dos movimentos (LATASH, 2000). Assim, o sistema de controle motor torna-se um objeto fundamental de estudo para o entendimento do comportamento motor dessa população.

2.1.2 Controle Motor

As diferenças no desempenho motor, em pessoas com SD, podem ser observadas já nos primeiros meses e anos de vida. Geralmente, crianças com SD atingem os marcos motores de desenvolvimento na mesma ordem que as crianças neurologicamente normais (NN), porém cronologicamente em idades mais avançadas (HALEY, 1986).

Além de adquirirem habilidades motoras mais tarde, indivíduos com SD apresentam diversas características de controle motor diferentes do observado na população NN. Por exemplo, a execução de movimentos de forma mais lenta constitui uma característica marcante nas descrições do padrão de movimento

dos indivíduos com SD. Davis e Kelso (1982) analisaram pessoas com SD e NN na realização da tarefa de atingir um alvo, após remoção de carga no braço do executor. Os resultados revelaram que quando a carga era removida os participantes com SD mostravam maior oscilação na trajetória do braço que seus pares NN. Ainda, revelaram que os indivíduos com SD eram mais lentos necessitando de um tempo maior para realizar a tarefa. Enquanto os participantes NN realizavam o movimento em tempo médio de 0,8 segundos, os participantes SD executavam o movimento em tempo médio de 2 seg. A partir de tarefas semelhantes, Anson (1992) revisa os resultados de alguns de seus estudos e indica que indivíduos com SD são mais lentos, necessitando de maior tempo de reação para executar movimentos de apontar para um alvo. Ainda, dentro desta abordagem de movimentos voluntários dos membros superiores, Almeida, Marconi, Tortoza, Ferreira, Gottlieb e Corcos.(2000) sintetizam os resultados de alguns trabalhos sugerindo que pessoas com SD realizam movimentos de braço de forma mais lenta que seus pares NN, e esta diferença na velocidade do movimento torna-se maior com o aumento da excursão angular (ALMEIDA; CORCOS; LATASH, 1994).

Além dessa lentidão para realizar movimentos voluntários, pessoas com SD são mais lentas também para iniciar respostas frente a perturbações posturais (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985). Isto indica que, além de apresentarem dificuldade para produzir movimentos programados, indivíduos com SD têm também dificuldade para detectar perturbações posturais causadas por forças externas e, por isso, são mais lentos para produzir respostas motoras frente a esta perturbação. Shumway-Cook e Woollacott (1985) observaram que,

após uma perturbação externa (movimento da plataforma que servia de base de suporte na tarefa), crianças com SD apresentavam maior latência para ativar os músculos posturais quando comparadas com seus pares NN. Conseqüentemente, crianças com SD são mais lentas para retomar a postura desejada quando esta sofre uma perturbação. Shumway-Cook e Woollacott (1985) sugeriram que o atraso na ativação de respostas posturais observado nas crianças com SD poderia estar relacionado à disfunção cerebelar.

Com relação à “lentidão” verificada na execução de movimentos voluntários nesta população, uma possível causa seria a utilização de uma estratégia de ativação muscular diferente. Anson (1992), revisando diversos estudos, sugeriu que pessoas com SD utilizam estratégia de ativação muscular em uma ordem seqüencial distal–proximal na execução da tarefa de apontar para um alvo, enquanto que um padrão próximo–distal foi observado em participantes NN para o mesmo movimento. Mais ainda, Anson e Mawston (2000) concluíram que o padrão de ativação muscular distal–proximal pode interferir na velocidade do movimento, mesmo que explicação para este fato precise ainda ser melhor entendida.

Almeida, Corcos e Latash (1994), também verificaram um padrão de ativação muscular diferente em pessoas com SD. Neste estudo, os participantes tinham a tarefa de flexionar ou estender o cotovelo buscando atingir um alvo que era posicionado em diferentes ângulos, dependendo da tentativa. Quando o teste começava, o participante deveria movimentar o braço o mais rápido possível tentando atingir a posição angular determinada pelo experimentador. A partir dos sinais eletromiográficos dos músculos bíceps e tríceps estes pesquisadores

verificaram que, ao invés do padrão bifásico de ativação muscular, indivíduos com SD apresentavam uma estratégia de controle do movimento caracterizada por um padrão de ativação simultânea dos músculos agonistas e antagonistas (co-contracção). Almeida, Marconi, Tortoza, Ferreira, Gottlieb e Corcos (2000) revelaram que a diferença na modulação da intensidade e/ou duração da latência antagonista poderia explicar a relativa diminuição no ganho de velocidade de movimento verificada nos participantes com SD. Ainda, Almeida, Marconi, Tortoza, Ferreira, Gottlieb e Corcos (2000) sugeriram que a ativação precoce da musculatura antagonista, realizada por indivíduos com SD comparados com seu pares NN, diminui o ganho no torque muscular e, conseqüentemente, diminui o ganho na velocidade do movimento. Nesta visão, a forma, como indivíduos com SD ativam sua musculatura, poderia explicar a lentidão dos movimentos freqüentemente verificada nesta população.

Um outro aspecto que tem sido discutido, com relação ao controle motor de pessoas com SD, é a capacidade de produção de força. Croce, Pitetti, Horvat e Miller (1996) examinaram o pico de torque e a força média produzida na contração dos músculos quadríceps e isquiotibiais em adultos sedentários, adultos com SD e adultos com outros tipos de deficiência mental. Os resultados mostraram que os grupos de adultos com deficiência mental (tanto com SD como com outras deficiências) produziram menores pico de torque e força média do que o grupo de adultos sedentários NN, porém, não revelaram diferenças entre os indivíduos com SD e com outros tipos de deficiência mental (CROCE; PITETTI; HORVAT; MILLER, 1996). Por outro lado, o estudo de Angelopoulou, Tsimaras, Christoulas, Kokaridas e Mandroukas (1999), além de encontrar diferenças no pico de torque

do quadríceps entre adultos jovens com SD e NN, revelou que indivíduos com outros tipos de deficiência mental produziram maiores picos de torque que os indivíduos com SD. Os autores sugeriram que diferenças de tônus muscular entre os indivíduos com SD e com outras deficiências mentais poderiam ser responsáveis pelas diferenças na capacidade de produção de força entre estas populações. Os resultados do estudo de Pitetti, Climstein, Mays e Barret (1992) também revelaram diferenças na capacidade de produção de força entre indivíduos com SD e com outras deficiências mentais. Neste estudo, além da força produzida pelos membros inferiores, a força isocinética produzida pelos membros superiores também foi avaliada. Do mesmo modo, adultos NN atingiram os maiores escores comparados com os outros dois grupos (SD e outras deficiências mentais) e, novamente, os deficientes mentais sem SD alcançaram maiores valores para as variáveis de força nos membros inferiores do que os indivíduos com SD. Embora, nenhuma explicação satisfatória para as diferenças entre indivíduos com SD e com outras deficiências mentais tenha sido dada, estes resultados sugerem que além do déficit mental, outros fatores poderiam estar influenciando na capacidade de produção de força das pessoas com SD, visto que, indivíduos com deficiência mental sem síndrome de Down demonstraram ser capazes de produzir mais força nos membros do que indivíduos com SD.

Mais uma vez, uma estratégia de ativação muscular diferente pode ser sugerida para explicar estas diferenças na realização de movimentos em pessoas com SD. Latash, Kang e Patterson (2002) investigaram a coordenação e a produção de força máxima em uma tarefa envolvendo movimento dos dedos da mão em jovens com SD. Neste estudo, os participantes tinham que aplicar

quantidade de força diferente em cada dedo da mão, de acordo com o indicado em uma tela de computador. Os resultados indicaram que pessoas com SD tinham piores índices de controle individual e sinérgico dos dedos, mostrando em particular, menor produção de força e maior número de erros nas tarefas que requeriam precisão do que seus pares NN. Os autores sugeriram que indivíduos com SD adotavam uma estratégia de ativação muscular diferente para realizar a tarefa, produzindo um nível geral de força que é distribuída de forma similar entre os dedos. Esta estratégia pode ser vista como uma forma de simplificar o controle dos dedos, que em contrapartida levaria a uma menor produção geral de força (LATASH; KANG; PATTERSON, 2002).

Uma outra possível explicação para os déficits na produção de força de pessoas com SD foi proposta por Cione, Cocilovo, Di Pasquale, Araujo, Siqueira e Bianco (1994) que analisaram a força isocinética dos extensores do joelho de adolescentes com SD e verificaram que estes indivíduos apresentavam escores inferiores a seus pares NN. Estes autores sugeriram que isto pode acontecer em função de deficiências do sistema piramidal em controlar as unidades motoras. Mais ainda, estes pesquisadores verificaram uma assimetria de torque motor entre os membros inferiores direito e esquerdo, mais freqüente nos participantes com SD do que o observado no grupo controle. Embora pareça uma sugestão pouco consubstanciada, para Cione, Cocilovo, Di Pasquale, Araujo, Siqueira e Bianco (1994), o fato de indivíduos com SD produzirem menos força nos músculos da perna direita em relação à perna contralateral, indica que o hemisfério cerebral esquerdo é mais prejudicado em pessoas com SD.

A capacidade de produzir força muscular é, sem dúvida, um componente importante para a execução dos movimentos do cotidiano. Entretanto, o problema de controle motor verificado nas pessoas com SD parece estar além da capacidade de gerar força muscular. Mesmo em tarefas que não exigem excessiva força muscular, indivíduos com SD demonstram comportamento diferente da população NN. É o que ocorre no controle dos movimentos automáticos, como por exemplo, nos mecanismos de ajustes posturais antecipatórios. Aruin e Almeida (1997) examinaram os ajustes posturais antecipatórios de pessoas com SD em tarefas de flexão e extensão dos braços. Os autores encontraram que os voluntários com SD realizavam adaptações posturais antes de iniciarem o movimento dos braços e sugeriram que a habilidade para usar o mecanismo feedforward está intacta nesta população. Apesar disto, o comportamento cinemático, o padrão de ativação dos músculos posturais e a excursão do centro de pressão antes da execução do movimento do braço foram diferentes do observado no grupo controle. Enquanto durante a preparação para o início do movimento do braço o grupo controle movia o quadril para frente, estendendo o quadril e flexionando o joelho, o grupo com SD movia o quadril para trás, flexionando o quadril e estendendo o joelho. Além disso, o deslocamento antecipatório do centro de pressão era maior nos indivíduos com SD e a ativação da musculatura agonista e antagonista ocorria simultaneamente nestes indivíduos enquanto que no grupo controle havia um atraso de 50 a 100 ms entre a ativação destes músculos. Os autores relatam que a tarefa poderia ter sido mais difícil para os participantes com SD e, por esta razão, estes indivíduos teriam maior medo de perder o equilíbrio e utilizariam um padrão diferente de

movimentação do quadril comparado com seus pares NN. Os autores sugeriram ainda que a co-contração muscular revelada pelos participantes com SD não seria decorrente de qualquer disfunção neurológica nestas pessoas, mas sim uma estratégia de segurança adotada por estes indivíduos para lidar com um ambiente imprevisível e com constantes mudanças (ARUIN; ALMEIDA, 1997).

Latash, Almeida e Corcos (1993) também sugeriram que indivíduos com SD tem preservada a capacidade de produzir reações pré-programadas em resposta a perturbações posturais. Por não encontrarem anormalidades no mecanismo de controle motor de seus participantes com SD, Latash, Almeida e Corcos (1993) propuseram que as diferenças encontradas no comportamento motor entre indivíduos com SD e a população controle poderiam ter outro desdobramento se extensiva explicação e prática fosse fornecida para os indivíduos com SD. Mais ainda, os autores consideram que a maioria destas diferenças provavelmente representa efeitos de adaptação do sistema de controle motor em função de prejuízos básicos na tomada de decisão das pessoas com SD.

Seguramente, a clareza da instrução e a disponibilidade da prática são fatores que podem influenciar nos resultados de estudos com indivíduos com deficiência mental. Mesmo assim, outros trabalhos sustentam outras causas para as diferenças de comportamento verificadas entre a população com SD e a NN. Por exemplo, Virji-Babul e Brown (2004) sugeriram que os déficits nos ajustes antecipatórios de pessoas com SD poderiam decorrer de problemas de percepção visual e de atenção relacionada ao processo. Neste estudo foram examinados os ajustes antecipatórios realizados por crianças com SD e NN em uma tarefa de

ultrapassar obstáculos de diferentes alturas. Os autores verificaram que as crianças com SD eram capazes de extrair a informação sobre a altura do obstáculo e apropriadamente combinar esta informação com o quadro de referência interno, porém, a informação visual do obstáculo não era usada adequadamente para modular os movimentos iniciais do ciclo da passada, tendo em vista que os primeiros passos não eram ajustados em função do obstáculo. Além disso, foi sugerido que estas crianças com SD poderiam não estar realizando os ajustes antecipatórios efetivamente, pelo fato de observarem que elas paravam em frente aos obstáculos mais altos antes de ultrapassá-los. Assim, as crianças com SD esperavam até alcançar o obstáculo para então adquirir a informação relevante e modular seu movimento para ultrapassagem (VIRJIBABUL; BROWN, 2004).

De fato, diversos componentes do controle motor parecem ser influenciados pela SD. Esta influência no comportamento motor parece ficar ainda mais evidente em trabalhos que envolvem medidas qualitativas de observação do comportamento em geral, como por exemplo, no estudo de Spanò, Mercuri, Randò, Pantò, Gagliano, Henderson e Guzzeta (1999). Neste caso, foram empregados testes funcionais que avaliaram a coordenação motora fina e grossa de crianças com SD. De forma geral, os resultados indicaram que: a) crianças com SD obtiveram pontuação menor que seus pares NN na maioria dos testes aplicados; b) nenhum dos indivíduos com SD atingiu escores adequados para sua idade cronológica; c) as diferenças estavam presentes tanto nas habilidades que exigiam coordenação motora fina quanto naquelas de coordenação motora grossa. Problemas de coordenação em pessoas com SD também foram

encontrados no estudo de Robertson Rinenbach, Chua, Maraj, Kao e Weeks (2002). Neste trabalho, adultos com SD obtiveram performance inferior a seus pares NN em tarefas de coordenação bimanual. Especificamente, os indivíduos com SD demonstraram maior variabilidade na execução da tarefa e maior assimetria entre as mãos do que seus pares NN.

Em resumo, este conjunto de resultados demonstra que pessoas com Síndrome de Down apresentam um comportamento motor diferente da população neurologicamente normal. Estas características de lentidão, co-contracção e dificuldade de coordenação levaram a classificação dos movimentos dos indivíduos com SD como “desajeitados” (LATASH, 2000). Porém, além de determinarem um aspecto desajeitado, as diferenças no controle do movimento também acarretam prejuízos funcionais, com produção de atos motores menos eficientes (SPANÒ; MERCURI; RANDÒ; PANTÒ; GAGLIANO; HENDERSON; GUZZETTA, 1999). Uma das hipóteses para explicar o comportamento motor diferente, encontrado nos indivíduos com SD, foi sugerida por Latash (2000), onde o autor sugere que o maior problema poderia estar na formação de sinergias musculares¹.

Por outro lado, o presente estudo supõe que um possível problema associado ao controle motor desta população possa estar no relacionamento entre informação sensorial e ação motora. Barela e colaboradores (BARELA, 1999; BARELA; JEKA; CLARK, 2003) propõem que um dos processos responsáveis pelo aprimoramento de uma determinada tarefa motora envolve a identificação e

¹ Sinergias são consideradas o principal mecanismo para controlar vários elementos com relativamente poucos comandos. As sinergias são utilizadas para simplificar o controle de inúmeros músculos e articulações envolvidas mesmo nos movimentos mais simples do corpo humano.

refinamento do acoplamento entre informação sensorial e ação motora (percepção-ação). Ainda, sugerem que este relacionamento sensório-motor também permeia a aquisição e o refinamento do controle postural. Tendo em vista que o controle motor e o controle postural parecem obedecer aos mesmos princípios de relacionamento sensório-motor, o estudo do controle postural pode ser utilizado como uma ferramenta para examinar aspectos de controle motor.

2.2 Controle Postural

O controle postural é resultante da interação entre múltiplos sistemas neurais com o objetivo de atingir duas metas principais: equilíbrio e orientação postural. A orientação postural é definida como sendo a posição relativa entre os segmentos corporais e destes em relação ao meio. Já o equilíbrio postural é definido como o estado em que todas as forças agindo sobre o corpo são balanceadas de tal forma que o corpo tende a permanecer na posição desejada (equilíbrio estático) ou a mover de forma controlada (equilíbrio dinâmico) (HORAK; MACPHERSON, 1996). Assim, o termo controle postural refere-se ao controle da posição do corpo no espaço com a finalidade de buscar orientação e estabilidade (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003).

Embora pareça simples, a manutenção dos seres humanos na postura ereta é uma tarefa bastante complexa, pois esta postura deve ser mantida sob a ação de forças externas (ex. força da gravidade) e internas (movimentos dos próprios segmentos) que desestabilizam o corpo sobre uma base de suporte de área relativamente pequena. Frank e Earl (1990) comentam que o sistema de

controle postural contém diferentes estratégias para controlar a postura em pé. Ainda, sugerem que estas estratégias são adotadas com base no grau de segurança e gasto energético necessários para a realização da tarefa.

Para que a melhor estratégia seja identificada e o corpo seja mantido em uma orientação estável, o sistema de controle postural deve organizar e coordenar as contrações musculares de forma apropriada, com base nas informações que indicam o relacionamento entre as diversas partes do corpo e do corpo com o meio ambiente. Estas informações são fornecidas por células especializadas (receptores sensoriais), reunidas principalmente em três complexos sistemas sensoriais: visual, vestibular e somatossensorial (NASHNER, 1981).

Cada classe de receptor opera dentro de uma específica amplitude e frequência, informando o movimento do corpo e a posição relativa deste em relação ao ambiente. Entretanto, há redundância de informação em certas condições, onde diversos receptores fornecem o mesmo tipo de informação (ex. quando estamos “imóveis” em frente a uma parede fixa, as informações provenientes do sistema visual, sistema somatossensorial e sistema vestibular indicam a mesma situação, ou seja, que estamos relativamente parados). Por outro lado, as informações provenientes de diferentes sistemas sensoriais são necessárias para resolver possíveis ambigüidades sobre a orientação e o movimento do corpo (HORAK; MACPHERSON, 1996).

Um exemplo de conflito entre informações sensoriais aparece quando estamos parados dentro de uma sala na qual as paredes se movimentam suavemente. Nesta condição, a informação proveniente do sistema visual, quando

o movimento da parede da sala é iniciado, aponta que o corpo está se movimentando enquanto que o sistema somatossensorial e vestibular indicam que estamos parados. A resolução deste conflito sensorial ocorre a partir do relacionamento e interpretação coerente dos múltiplos canais sensoriais. É importante ressaltar que a relevância das informações fornecidas pelos sistemas sensoriais pode mudar de acordo com o contexto formado pela interação entre o organismo, o ambiente e a tarefa. Ao caminhar em uma sala escura, por exemplo, as informações somatossensoriais tornam-se muito mais importantes do que em condições onde a informação visual está disponível.

Por apresentar modificações dos sistemas sensoriais em resposta às alterações nas demandas da tarefa e do ambiente, o sistema de controle postural é adaptativo, e influenciado pela aprendizagem e pelas experiências prévias (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003). Assim a captação e a utilização das informações sensoriais mais importantes dentro de cada contexto são fundamentais para manutenção e refinamento do controle postural. Por outro lado, o conflito sensorial e o não aproveitamento das informações mais relevantes podem interferir no funcionamento do sistema de controle postural, provocando, por exemplo, uma maior instabilidade do sistema. Com base nesta perspectiva, a análise do controle postural em pessoas com SD, focada na investigação do relacionamento entre informação sensorial e atividade motora, pode revelar dados importantes sobre o funcionamento do sistema de controle postural nesta população.

2.2.1 Controle Postural em pessoas com Síndrome de Down

O número de estudos que buscou examinar o controle postural de pessoas com SD é relativamente pequeno, sobretudo quando o interesse está em investigar o funcionamento deste sistema em indivíduos adultos. Um dos primeiros trabalhos que analisou o controle postural de indivíduos com SD foi realizado por Butterworth e Cicchetti (1978). Neste estudo, o controle postural foi examinado com base nos ajustes posturais ocorridos em resposta ao movimento de uma “sala móvel”. Neste experimento, crianças com SD e crianças NN foram colocadas dentro de uma “sala móvel” que foi movimentada discretamente pra frente e pra trás por um experimentador. Os resultados mostraram que tanto as crianças com SD quanto as NN apresentaram ajustamentos posturais correspondentes ao movimento da sala, porém as crianças com SD apresentaram mais quedas na posição em pé, indicando que eram mais influenciadas pela manipulação da informação visual, proveniente dos movimentos da sala.

Wade, Emmerik e Kernozek (2000) também verificaram que crianças com SD eram mais influenciadas pela manipulação da informação visual, quando submetidas ao paradigma da sala móvel. Neste caso, crianças com SD mostraram maior amplitude de resposta para o movimento da sala do que as crianças NN. O maior número de quedas e a maior magnitude de resposta, observadas nas crianças com SD submetidas à situação da sala móvel, poderiam ser decorrentes de uma dificuldade para resolver o conflito sensorial imposto nesta situação. Com base nesta perspectiva, crianças com SD seriam menos eficientes para solucionar a incongruência entre as informações sensoriais (sistema visual fornecendo informação diferente dos sistemas vestibular e somatossensorial) e, desta forma,

responderiam mais fortemente ao movimento da sala o que provocaria um maior número de quedas. Isto indica que as crianças com SD apresentam uma possível diferença no uso de informação sensorial para controlar a ação motora quando comparadas com seus pares NN. Mesmo comparando o controle postural de pessoas com SD com outros indivíduos com deficiência mental, mas causada por outros motivos que não a SD, o desempenho parece ser diferente. Kokubun, Shinmyo, Ogita, Morita, Furuta, Haishi, Okuzumi e Koike (1997) comparam os resultados de crianças com SD e crianças com deficiência mental sem SD na tarefa de manter o equilíbrio em apoio unipodal. Embora não tenha sido encontrada diferença para a magnitude de oscilação corporal, foi verificado que as crianças com SD oscilaram em frequências mais altas do que o grupo sem SD. Ainda, as pessoas com SD apresentaram performance inferior no tempo de permanência em apoio unipodal. Como ambos os grupos apresentavam deficiência mental, os autores sugeriram que a diferença nos resultados poderia ser em decorrência da hipotonia muscular, que é mais acentuada nos indivíduos com SD.

No presente estudo, não descartamos a possibilidade de o baixo tônus muscular interferir no controle postural de pessoas com SD, no entanto, acreditamos que este não é o único fator responsável pelas diferenças observadas entre esta população e o grupo de indivíduos NN. Como já mencionado, o relacionamento sensório-motor tem um papel fundamental no controle postural, por isso sugerimos que a relação entre informação sensorial e ação motora pode ser determinante para as diferenças de comportamento motor citadas anteriormente. De fato, as diferenças entre indivíduos com SD e NN

parecem ficar mais evidentes quando o relacionamento sensório-motor é perturbado, seja por manipulação da informação visual (BUTTERWORTH; CICCETTI, 1978; WADE; EMMERIK; KERNOZEK, 2000) ou da informação somatossensorial (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985).

No estudo de Shumway-Cook e Woollacott (1985), crianças com SD e NN foram colocadas sobre uma plataforma “móvel” que quando era movimentada por um servo mecanismo causava a ilusão de auto-movimento nestes indivíduos. As autoras encontraram diferenças na organização postural entre as crianças com SD e NN. As crianças com SD apresentaram maior latência para ativar os músculos posturais frente à perturbação. Isto resultava em um aumento na oscilação corporal (comparado com os pares NN) e em alguns casos perda de equilíbrio, ou seja, as crianças com SD demonstraram ser significativamente mais instáveis do que as crianças NN. Entretanto, mesmo sendo menos estável e coerente, este trabalho deixou claro que os participantes com SD apresentavam um relacionamento entre as informações sensoriais e os ajustes posturais, tendo em vista que estes indivíduos produziam ações motoras correspondentes ao estímulo sensorial fornecido (movimento da plataforma).

Esta capacidade de responder aos estímulos sensoriais do meio ambiente já foi observada até mesmo em bebês com SD (POLASTRI; BARELA, 2005). Estes autores estudaram o efeito da experiência e da prática no acoplamento entre percepção e ação em bebês com SD e verificaram que os bebês com SD acoplavam seus movimentos ao estímulo visual de uma sala móvel. Além disso, os resultados indicaram que bebês e crianças com SD são capazes de adquirir um acoplamento coerente e estável entre informação sensorial e ação motora

quando eles têm experiência suficiente na performance de uma tarefa motora. Esta sugestão foi consubstanciada no fato de que bebês com SD mais experientes na tarefa de permanecer sentados apresentaram um acoplamento mais forte que bebês com SD menos experientes em permanecer nesta posição. Poslastri e Barela (2005) também mostraram que o acoplamento entre informação sensorial e atividade motora em bebês com SD pode ser alterado por sessões de prática, após terem sido submetidos a consecutivas sessões de prática na situação experimental. Para estes estudiosos, o propulsor para a progressão desenvolvimental é a interface dinâmica entre informação sensorial e ação motora. Como bebês e crianças com SD necessitam de mais tempo para adquirir e refinar este relacionamento, a falta de exposição e exploração a novos relacionamentos sensório-motores faria com que estes indivíduos continuassem atrasados em sua performance motora (POLASTRI; BARELA, 2005).

Realmente, estudos têm mostrado que pessoas com SD continuam apresentando desempenho motor inferior aos seus pares ao longo da vida (HODGES; CUNNINGHAM; LYONS; KERR; ELLIOTT, 1995; VUILLERME; MARIN; DEBÚ, 2001; WEBBER; VIRJI-BABUL; EDWARDS; LESPERANCE, 2004). O trabalho de Vuillerme, Marin e Debû (2001), por exemplo, revelou que, em tarefa de manutenção da postura ereta em superfície estável, a estratégia de controle postural de adolescentes com SD baseia-se nos mesmos princípios de informação sensorial que os sujeitos NN. Mesmo assim, os adolescentes com SD exibiram maior oscilação corporal que seus pares NN, indicando que mesmo nesta faixa etária (14 a 18 anos) existem diferenças no funcionamento do sistema

de controle postural. O controle postural de adultos com SD parece seguir a mesma tendência de performance inferior em relação aos seus pares NN.

Webber, Virji-Babul, Edwards e Lesperance (2004) estudaram a rigidez e a estabilidade postural de adultos com SD e compararam com adultos NN. Os resultados revelaram que os indivíduos com SD tinham maior velocidade de oscilação corporal e que estes valores estavam relacionados com a maior rigidez postural encontrada nesta população. Além disso, estes autores observaram um aumento na rigidez postural na ausência da visão, sugerindo que indivíduos com SD aumentam a co-contracção na falta da informação visual, o que possivelmente geraria uma maior instabilidade do sistema. A observação de aumento de rigidez muscular e aumento da oscilação corporal, verificada em adultos com SD na ausência da visão (WEBBER; VIRJI-BABUL; EDWARDS; LESPERANCE, 2004), poderia indicar que esta população apresenta maior dependência da informação visual.

Hodges Cunningham, Lyons, Kerr e Elliot (1995) observaram que a performance na realização de movimentos com meta dirigida, na condição sem visão, era mais afetada para os participantes com SD do que para os NN. Estes autores sugeriram que, quando a visão não está disponível, indivíduos com SD não conseguem utilizar o feedback somatossensorial da mesma forma que seus pares NN e, por isso apresentam performance inferior nesta condição. Entretanto, esta hipótese de maior dependência visual pode ser contestada tendo em vista que Vuillerme, Marin e Debû (2001) encontraram que adolescentes com SD eram capazes de reorganizar o controle postural, mudando do controle visual para o somatossensorial quando a informação visual era repentinamente removida.

Neste estudo, os participantes deveriam manter a postura em pé quieta durante 10 segundos e após esse período a luz do ambiente era desligada deixando o ambiente totalmente escuro. Nestas condições, os indivíduos com SD reorganizavam o controle postural utilizando as informações somatossensoriais similarmente a seus pares NN. Em um estudo prévio (GOMES; BARELA, submetido) também não identificamos maior dependência visual nas pessoas com SD. Neste trabalho, adultos com SD utilizaram a informação somatossensorial proveniente do toque do dedo em uma superfície estacionária melhorando o controle da postura mesmo quando a visão não estava disponível.

De certa maneira, todos os trabalhos citados anteriormente mostram que o controle postural dos indivíduos com SD é diferente do observado na população NN. Porém, as evidências mencionadas não respondem de forma satisfatória se o acoplamento sensório-motor, que é necessário para a manutenção da postura e para a execução de habilidades motoras, é diferente em adultos com SD. A literatura referente ao comportamento postural de adultos com SD, é constituída, em sua maioria, por trabalhos que descrevem o produto motor (ex. oscilação corporal, cinemática dos movimentos, etc.), mas que pouco examinam o processo pelo qual este produto é alcançado. Entendendo que este processo envolve, principalmente, a capacidade de relacionar informação sensorial com ação motora, uma investigação específica neste relacionamento poderia contribuir para o conhecimento do comportamento postural desta população.

2.2.2 Relacionamento entre informação sensorial e ação motora

A realização de qualquer ato motor voluntário exige do organismo um processo que envolve a recepção de informações sensoriais, a organização e integração das informações recebidas e a execução de contrações musculares específicas com fim de atender as demandas da tarefa. No entanto, a contração muscular gera movimento dos segmentos propiciando uma nova configuração entre as partes do corpo e entre o corpo e o ambiente. A menor mudança na configuração relativa entre os segmentos corporais ou entre o corpo e o ambiente fornece ao sistema de controle motor novas informações sensoriais, que por sua vez são utilizadas para que novas ações motoras sejam realizadas, formando assim um ciclo contínuo e dinâmico de percepção e ação, onde a percepção e a ação são mutuamente dependentes (SCHÖNER, 1991).

Quanto mais coerente e refinado estiver o relacionamento entre a informação sensorial (percepção) e a ação motora (ação), maior será a habilidade do indivíduo em executar determinado movimento (BARELA, 1999). Para que o relacionamento sensório-motor seja aprimorado torna-se necessária a vivência e a exposição do organismo ao ciclo percepção-ação. Além disso, todas as partes do sistema de controle motor devem estar estruturalmente íntegras e com funcionamento normal, ou seja, unidades sensorial, cognitiva e motora sem comprometimentos.

No caso das pessoas com SD, alguns aspectos são questionados sobre comprometimentos tanto no campo estrutural quanto no funcional do sistema de controle motor. Para se ter uma idéia, uma variedade de déficits sensoriais foram reportadas por Chen e Fang (2005). Empregando o método de potencial evocado, os autores analisaram o funcionamento dos sistemas auditivo, visual e

somatossensorial em crianças com SD e verificaram que estas crianças apresentaram resultados inferiores a seus pares NN na maioria dos testes analisados (CHEN; FANG, 2005).

Cole, Abbs e Turner (1988) também encontraram problemas no funcionamento do sistema somatossensorial em pessoas com SD. Neste estudo, adultos com SD foram incapazes de ajustar adequadamente a força gerada nas mãos para agarrar objetos de diferentes pesos e texturas. Os autores sugeriram que os voluntários com SD não conseguiam discriminar eficientemente as propriedades do objeto (peso e textura) e por isso produziam força de agarre até três vezes maior do que a necessária para realizar a tarefa. Cole, Abbs e Turner (1988) também atribuem aos resultados encontrados neste trabalho supostos problemas estruturais. Estes autores consideraram que as propriedades da pele (espessura, rugosidade, etc) são diferentes em pessoas com SD e, por isso, poderiam ter influenciado na sensibilidade das mãos e, conseqüentemente, acarretado em diferenças no padrão do agarrar.

Outras diferenças estruturais, desta vez no sistema nervoso central, também já foram relatadas em pessoas com SD. Aylward, Habbak, Warren, Pulsifer, Barta, Jerram e Pearlson (1997) revelaram que adultos com SD apresentam 73% de volume cerebelar, 85% de volume do cérebro e 87% de volume intracraniano total quando comparados a pares do grupo controle. Entretanto, as diferenças estruturais (AYLWARD; HABBAK; WARREN; PULSIFER; BARTA; JERRAM; PEARLSON, 1997) ou os déficits sensoriais (CHEN; FANG, 2005) analisados de forma isolada mostraram-se insuficientes para explicar o comportamento motor das pessoas com SD. No presente estudo,

assumimos que o organismo funciona como um sistema dinâmico onde seus componentes se auto-organizam e inter-relacionam continuamente, portanto, seu funcionamento deve ser analisado como um todo. Sendo assim, a investigação do relacionamento sensório-motor sob uma ótica de sistemas dinâmicos, parece ser uma estratégia apropriada para examinar o comportamento motor da população com SD.

Uma forma de investigar o relacionamento sensório-motor dinamicamente é através da manipulação dos canais sensoriais. Considera-se no atual trabalho que manipular um canal sensorial significa oferecer um estímulo sensorial estruturado e de forma controlada e observar o relacionamento temporal e espacial entre este estímulo e a ação motora desencadeada pelo mesmo. O sistema visual é relativamente mais fácil de ser manipulado experimentalmente, por esta razão, inúmeros estudos verificam o controle postural a partir da variação ou ausência da informação visual (NOUGIER; BARD; FLEURY; TEASDALE, 1997; PAULUS; STRAUBE; KRAFCYK; BRANDT, 1989; PAULUS; STRAUBE; BRANDT, 1984). De acordo com Paulus, Straube e Brandt (1984), o sistema de controle postural utiliza a informação visual para desencadear atividade motora e controlar as oscilações corporais. Com base nesta perspectiva, quando uma pessoa inclina-se para frente mantendo o olhar em um objeto estacionário, a imagem deste objeto se expande na retina. O aumento do tamanho da imagem refletida na retina é interpretado pelo sistema de controle postural como movimento do corpo à frente e, a partir disso, comandos motores são enviados para frear, permitir ou contrapor o movimento, dependendo do objetivo da tarefa. O mecanismo contrário ocorre quando a pessoa inclina-se para trás. Neste caso, a projeção da imagem na retina

diminui indicando ao sistema que o corpo está movendo-se para trás e atividade motora é desencadeada para alcançar a orientação postural desejada. Assim, o sistema de controle postural busca minimizar estas alterações visuais na retina para controlar as oscilações corporais (PAULUS; STRAUBE; KRAFCZYK; BRANDT, 1989; PAULUS; STRAUBE; BRANDT, 1984).

Uma forma de verificar o relacionamento entre informação visual e ação motora é através do “paradigma da sala móvel”. Na década de setenta, Lee e colaboradores (LEE; ARONSON, 1974; LEE; LISHMAN, 1975; LISHMAN; LEE, 1973) utilizaram uma sala que podia ser movimentada permitindo assim a manipulação da informação visual do indivíduo que estava em seu interior. Estes estudiosos verificaram que o movimento para frente e para trás da sala produzia oscilações corporais correspondentes nos voluntários. Basicamente, estes estudos mostraram que um campo visual móvel é capaz de induzir o sistema de controle postural para uma percepção de movimento do próprio corpo provocando oscilação corporal correspondente.

Recentemente, diversos trabalhos têm utilizado este paradigma como ferramenta para examinar o relacionamento sensório-motor em bebês (BERTENTHAL; ROSE; BAI, 1997; POLASTRI; BARELA, 2005), crianças (GODOI, 2004; SCHMUCKLER, 1997), adultos (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994; FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004) e idosos (PRIOLI; FREITAS JUNIOR; BARELA, 2005; WADE; LINDQUIST; TAYLOR; TREAT-JACOBSON, 1995). Entretanto, em pessoas com SD foram encontrados apenas três estudos empregando este paradigma (BUTTERWORTH; CICHETTI, 1978; POLASTRI; BARELA, 2005; WADE; EMMERIK; KERNOZEK, 2000).

O estudo de Polastri e Barela (2005) examinou bebês de 12 e 17 meses de idade e os trabalhos de Butterworth e Cichetti (1978) e Wade, Emmerik e Kernozek (2000) avaliaram crianças com idade média de 2,7 anos e de 10,6 anos, respectivamente. Apesar de estes estudos terem avaliado pessoas com SD de diferentes idades, todos verificaram que os indivíduos com SD apresentavam respostas posturais diferentes de seus pares NN. Entretanto, em virtude de limitações destes estudos algumas perguntas ainda precisam ser esclarecidas. Polastri e Barela (2005), por exemplo, investigaram indivíduos muito jovens, que na escala desenvolvimental ainda não apresentam um funcionamento característico de um sistema com desenvolvimento completo. Neste sentido, a investigação de adultos com SD na situação da sala móvel poderia trazer novas informações sobre o relacionamento sensório-motor desta população. Já Butterworth e Cichetti (1978) e Wade, Emmerik e Kernozek (2000) estudaram o relacionamento sensório-motor somente em situações de movimento discreto (único movimento em uma única direção) e com grandes amplitudes e velocidades de movimento da sala, o que limita o entendimento sobre o fenômeno. De acordo com Dijkstra e colaboradores (1994) e Jeka e colaboradores (1998; 2004) o sistema de controle postural utiliza as informações referentes a posição e a velocidade de movimento para controlar a oscilação corporal. Sendo assim, a alteração nesses parâmetros poderia desencadear mudanças no comportamento observado. Além disso, o movimento discreto da sala permite observar como o sistema reage (feedback) aquela perturbação, mas não possibilita examinar como o sistema acopla e utiliza proativamente (feedforward) as informações sensoriais disponíveis no ambiente.

Diante do exposto parece necessário examinar o relacionamento entre informação sensorial e ação motora de forma mais aprofundada, expondo o sistema de controle postural a perturbações contínuas e em diferentes magnitudes. Mais ainda, parece oportuno e relevante submeter indivíduos adultos com SD ao paradigma da sala móvel buscando analisar como estes indivíduos relacionam as informações sensoriais com as ações motoras. Com base nos estudos prévios, hipotetizamos que adultos com SD seriam mais influenciados pela manipulação da informação visual e apresentariam diferenças no acoplamento sensório-motor comparados a seus pares NN.

3 OBJETIVOS

Com base no que foi apresentado na revisão de literatura, algumas questões relacionadas ao acoplamento sensório-motor da população com SD merecem ser analisadas, entre as quais: 1) Será que adultos com SD também apresentariam respostas motoras diferentes de seus pares NN quando submetidos à situação experimental da sala móvel? 2) Será que o tipo de perturbação (discreta ou contínua) poderia influenciar de maneira diferente adultos com SD e adultos NN? 3) Como indivíduos com SD responderiam a diferentes propriedades do estímulo sensorial (amplitude e frequência do movimento da sala) comparados a seus pares NN?

A partir destas perguntas, os objetivos deste estudo são:

3.1 Objetivo geral

Examinar o acoplamento entre informação sensorial e ação motora em adultos com SD em situações de manipulação sensorial contínua e discreta.

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Experimento 1

- Examinar o acoplamento entre informação visual e a oscilação corporal em adultos com SD e o refinamento deste acoplamento diante de alterações nos parâmetros de manipulação sensorial (amplitude e frequência).

3.2.2 Experimento 2

- Verificar a influência da informação visual na oscilação corporal de adultos com SD e a capacidade do sistema de controle postural destes indivíduos em resolver uma situação de conflito sensorial.

4 MATERIAL e MÉTODOS

4.1 Participantes

Participaram do estudo 20 pessoas com síndrome de Down, de ambos os gêneros, com idade entre 18 e 35 anos, que constituíram o grupo (SD) e 20 pessoas neurologicamente normais, de ambos os gêneros, com idade entre 18 e 35 anos, que constituíram o grupo (NN). A amostra do grupo NN foi pareada com o grupo SD atendendo similaridade para idade e gênero. As médias e desvios padrão da idade, massa corporal e estatura dos participantes do grupo SD e NN são apresentadas na Tabela 1 e na Tabela 2, respectivamente. Os participantes do grupo SD eram alunos de escolas especiais da região de Rio Claro (Instituto Estrela da Esperança, Rio Claro; Associação dos Deficientes de Rio Claro – ADERC, Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais – APAE de Rio Claro; Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais – APAE de Cordeirópolis). Os participantes do grupo NN eram alunos de graduação, pós-graduação e funcionários da UNESP de Rio Claro

Tabela 1: Gênero, idade (anos), massa corporal (Kg) e estatura (centímetros) dos participantes do grupo SD.

	gênero	idade	massa	altura
	M	20,3	90,8	163
	M	31,8	70	152
	M	26,1	73	164
	M	23,9	52	147
	M	21,4	92,5	152
	M	25,8	63,8	164
	F	27,6	61	139
	F	21,8	66	149
	F	33,1	79,8	138
	M	25,8	62,5	163
	M	30,9	83	154
	F	20,5	55	149
	M	23,7	70,5	168
	M	26,8	94	162
	M	28,1	52	146
	F	24,2	99,5	144
	M	24,0	70	154
	F	33,6	43,5	130
	F	24,2	80,3	159
	M	23,4	70,6	153
Média	-	25,8	71,49	152,5
Desvio Padrão	-	4,0	15,37	10,1

Os integrantes do grupo SD apresentavam grau de comprometimento mental leve ou moderado. A classificação do grau de comprometimento mental foi feita pela instituição de ensino de onde os participantes foram recrutados. Todos os participantes NN e os responsáveis legais dos indivíduos com SD autorizaram por escrito a participação no estudo através do preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice A), devidamente aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências - UNESP/RC (Anexo A), e todos tiveram plena liberdade de interromper a participação no estudo em qualquer momento.

Tabela 2: Gênero, idade (anos), massa corporal (Kg) e estatura (centímetros) dos participantes do grupo NN,

	gênero	idade	massa	altura
	M	20,8	74	179
	M	31,2	83,5	182
	M	26,5	93,7	198
	M	23,2	88	184
	M	21,1	76,2	179
	M	24,8	79	181
	F	26,6	53,7	154
	F	21,8	60,8	164
	F	33,6	49,6	154
	M	25,8	74	181
	M	30,2	77,6	178
	F	21,0	66	167
	M	23,1	71,7	182
	M	26,4	78,8	183
	M	27,1	91,3	185
	F	23,8	56,1	168
	M	24,1	74,5	172
	F	34,3	54	158
	F	23,3	56	161
	M	24,2	67,4	185
Média	-	25,6	71,30	174,8
Desvio Padrão	-	4,0	13,04	11,9

4.2 Procedimentos

Os participantes compareceram ao Laboratório para Estudos do Movimento (LEM – Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências, UNESP – RC) onde as medidas de peso corporal e estatura foram verificadas. Em seguida os participantes receberam explicações dos procedimentos que seriam realizados e, no caso dos indivíduos NN, foi solicitado que preenchessem o termo de

consentimento. O termo de consentimento para os indivíduos pertencentes ao grupo SD, foi preenchido pelos responsáveis legais dias antes da data da coleta.

O procedimento experimental ocorreu no interior de uma “sala móvel”. Esta sala é constituída de três paredes e um teto (2,1 X 2,1 X 2,1 metros – altura, largura e comprimento) montado sobre rodas que deslizam sobre trilhos, possibilitando o movimento da sala, para frente e para trás, independentemente do chão. As paredes internas da sala são pintadas de branco e preto, formando listras verticais e intercaladas (branco/preto) que aumentam o contraste visual. Uma lâmpada fluorescente de 20 Watts, afixada no teto da sala, permaneceu acesa durante todo experimento para garantir o mesmo nível de iluminação dentro da sala entre as tentativas e entre os participantes. A Figura 1 apresenta as vistas frontal e lateral da sala móvel.

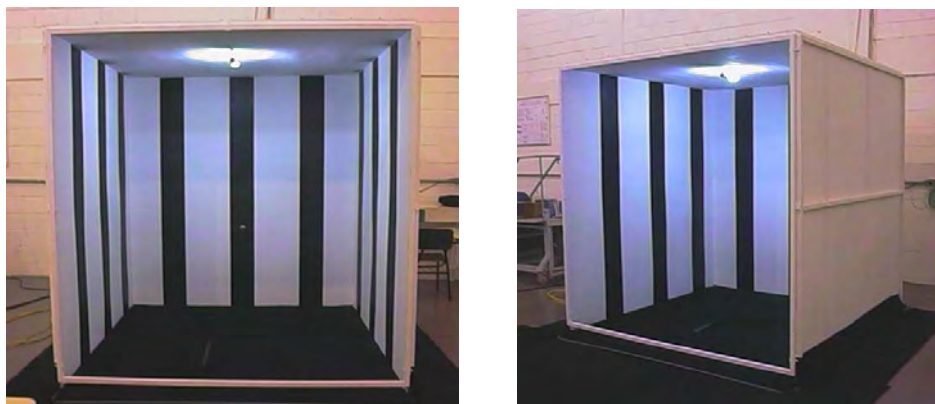


Figura 1: Vista frontal e lateral da sala móvel utilizada na situação experimental.

O movimento desta sala foi produzido e controlado por um sistema de servo-mecanismo que possibilitou o controle preciso da amplitude e da frequência do movimento. Este servo-mecanismo é formado por um controlador (Compumotor – Modelo APEX 6151) e um servo – motor (Compumotor - APEX

620-MC-NC) que são controlados por um programa de computador (Motion Architect). Os dados referentes ao movimento da sala e do corpo dos participantes foram obtidos através de um sistema de análise tridimensional do movimento (OPTOTRAK – 3020 – Northern Digital, Inc) que capta precisamente a variação da posição de emissores infravermelhos. Estes emissores foram fixados na região dorsal interescapular dos participantes e na parte inferior da parede do fundo da sala. Através da relação entre a posição dos emissores e o sistema OPTOTRAK foi obtido o deslocamento do participante e da sala nas direções ântero-posterior e médio-lateral. A frequência de amostragem deste sistema foi de 100 Hz.

Para garantir que os participantes realizassem a tarefa, uma câmera de vídeo (Panasonic – Mos. WV-CL350) foi posicionada externamente na parte posterior da sala, As imagens foram gravadas e monitoradas por um experimentador em tempo real através de um aparelho televisor e de um vídeo cassete.

Tendo em vista os vários equipamentos que foram utilizados neste estudo, a Figura 2 fornece uma representação esquemática de todos estes equipamentos a fim de facilitar o entendimento.

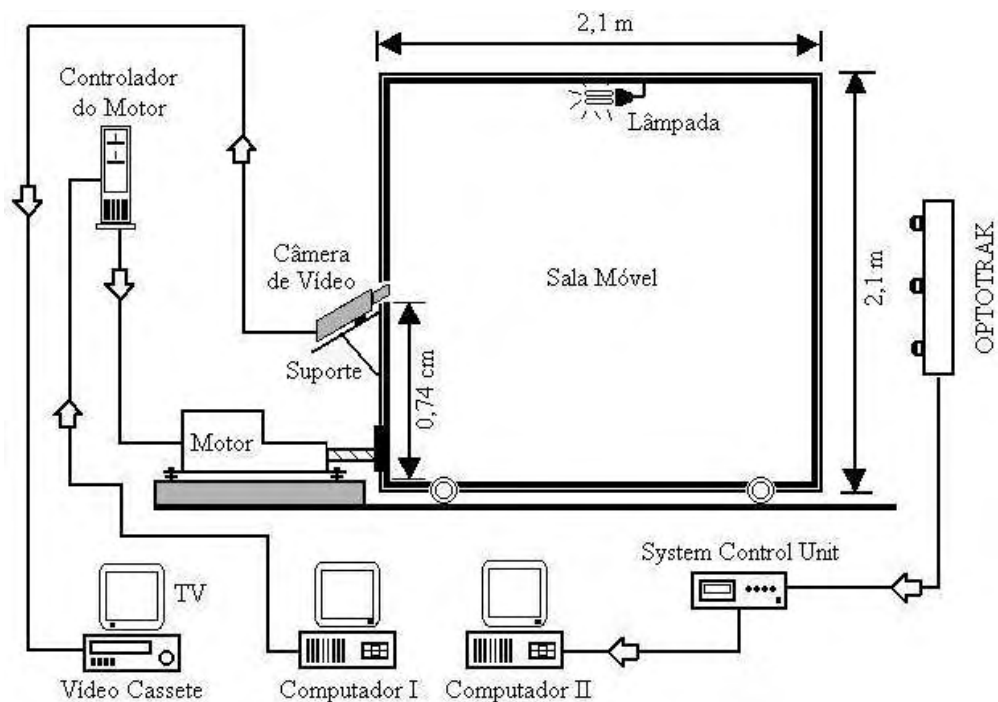


Figura 2: Representação esquemática de todos os equipamentos que foram utilizados neste estudo.

4.2.1 Experimento 1

Neste experimento os participantes ficaram no interior da sala móvel, a uma distância de 1 metro da parede do fundo da sala, em postura ereta com os braços ao lado do corpo. Os participantes permaneceram em apoio bipodal, descalços e com os pés paralelos e alinhados com o quadril. A instrução foi que permanecessem o mais estático possível e olhando para um círculo branco com 5 cm de diâmetro que estava fixado na parede do fundo da sala, na altura dos olhos dos participantes. Tendo em vista que a acuidade visual é um fator que pode influenciar na estabilidade postural (PAULUS; STRAUBE; BRANDT, 1984), os indivíduos que precisavam usaram lentes corretivas durante o experimento.

A sala foi oscilada de maneira contínua (para frente e para trás) nas frequências de 0,1, 0,2 e 0,5 Hz em amplitudes de 1, 0,5, e 0,2 cm, respectivamente (GODOI, 2004). A frequência de movimentação da sala 0,2 Hz foi escolhida por estar próxima à frequência natural de oscilação corporal (SOAMES; ATHA, 1982), a frequência de 0,1 Hz foi escolhida por estar abaixo da frequência de oscilação natural e a frequência de 0,5 Hz foi selecionada por estar acima frequência de oscilação preferida pelo sistema de controle postural. Nas três condições de movimento da sala, a velocidade de pico foi de 0,6 cm/s. Este último critério foi adotado considerando que a velocidade é um parâmetro que o sistema de controle postural utiliza para acoplar ao estímulo sensorial (JEKA; OIE; SCHONER; DIJKSTRA; HENSON, 1998; JEKA; KIEMEL; CREATH; HORAK; PETERKA, 2004).

Para cada condição de movimento da sala o participante realizou três tentativas de 60 segundos. Além disso, também foi coletada uma tentativa de 60 segundos sem o movimento da sala. Desta forma, no experimento 1 foram realizadas 10 tentativas. A primeira tentativa foi na condição com a sala parada. Em seguida foram realizadas as tentativas nas situações com movimento da sala. Estas tentativas foram divididas em três blocos. Cada bloco foi composto por uma tentativa em cada frequência (0,1 Hz; 0,2 Hz e 0,5 Hz). A ordem das frequências dentro dos blocos foi sorteada e um período de descanso de 1 minuto foi dado entre cada bloco. Entre cada tentativa, ocorria um intervalo para ajuste dos equipamentos e um descanso adicional era fornecido quando o participante necessitava.

4.2.2 Experimento 2

Neste experimento, as características do movimento da sala impuseram ao sistema de controle postural a necessidade de resolver o conflito sensorial para evitar um grande deslocamento corporal ou até mesmo a queda do indivíduo. Por isso, a investigação no experimento 2 pode trazer informações que complementam os achados do experimento 1. Embora a postura adotada e a tarefa a ser realizada pelos participantes sejam as mesmas daquelas solicitadas no experimento 1, no experimento 2 o movimento da sala ocorreu de maneira discreta, com um único movimento em uma única direção. Assim, em cada tentativa a sala foi movimentada somente uma vez, seja ela para frente ou para trás. A amplitude do movimento da sala foi de 2,6 cm com velocidade média de 1,3 cm/s (PRIOLI; FREITAS JUNIOR; BARELA, 2005; TOLEDO; RINALDI; BARELA, 2006). Três tentativas foram realizadas com a sala sendo movimentada para trás (afastando-se do participante) e três tentativas com a sala sendo movimentada para frente (aproximando-se do participante). Cada tentativa deste experimento durou 20 segundos, sendo os primeiros 4 segundos sem movimento da sala, os próximos 2 segundos com movimento (para frente ou para trás) e os últimos 14 segundos, novamente, sem movimento da sala. A direção do movimento (para frente ou para trás) da primeira tentativa foi sorteada e das tentativas seguintes foi contrabalançada. A cada tentativa foi concedido um período de descanso de 1 minuto. No total, cada participante realizou 6 tentativas neste experimento.

4.3 Tratamento e Análise dos Dados

As variáveis dependentes para o experimento 1 investigaram o acoplamento espacial e temporal entre a oscilação corporal e o movimento da sala móvel na direção ântero-posterior. Utilizando análises no domínio temporal e espectral, quatro medidas foram empregadas: ganho, fase, variabilidade e amplitude de oscilação na frequência de estímulo (AF).

O ganho é a razão entre a amplitude do espectro da oscilação corporal e a amplitude do espectro do movimento da sala, na respectiva frequência em que o estímulo foi apresentado. Esta variável representa a influência do estímulo na oscilação corporal do indivíduo. Valores de ganho maiores que 1 indicam que a amplitude de oscilação corporal foi maior que a amplitude do movimento da sala e, valores de ganho menores que 1, indicam que a amplitude da oscilação corporal foi menor que a amplitude de movimento da sala.

A fase é a representação do relacionamento temporal entre a oscilação corporal e o movimento da sala. Valores de fase ao redor de zero indicam que não há atraso entre a oscilação corporal e o movimento da sala. Valores de fase maiores que zero (positivos) indicam que a oscilação corporal está à frente do movimento da sala, enquanto que valores de fase menores que zero (negativos) apontam que a oscilação corporal está atrasada em relação ao movimento da sala.

A variabilidade representa a amplitude média de oscilação corporal em frequências distintas à do movimento da sala. Para obter esta medida, o componente de oscilação corporal decorrente do estímulo sensorial é removido. Isto é feito subtraindo da trajetória de oscilação corporal o sinal transformado

(transformação de Fourier) correspondente ao movimento da sala na frequência de estímulo. A variabilidade é então definida como a variância média desta resultante. Baixa variabilidade indica que a maior parte da amplitude de oscilação ocorreu na frequência de estímulo, enquanto que valores altos de variabilidade indicam oscilação corporal em frequências diferentes daquela do estímulo.

A amplitude de oscilação na frequência de estímulo (AF) é a magnitude da potência no espectro de oscilação corporal correspondente na frequência do estímulo. A AF representa a força do componente de oscilação na respectiva frequência em que a sala foi movimentada. Se a oscilação corporal estiver acoplada ao estímulo, a AF será maior nas condições com movimento da sala comparadas com a situação controle, na qual a sala está parada.

Além dessas medidas, duas outras variáveis descritivas foram analisadas: a primeira foi a amplitude média de oscilação (AMO), que representa a variabilidade ao redor da média de cada período, sendo calculada subtraindo a posição média dos valores dentro de uma tentativa e, então, calculando a variância média dos valores desta tentativa. A segunda foi a frequência média de oscilação que foi calculada obtendo a média dos períodos de cada ciclo, dentro de uma tentativa, calculando o inverso deste período.

Como nas tentativas sem movimento da sala os ciclos de oscilação corporal não estavam tão definidos como nas tentativas com movimento da sala, então, ao invés da frequência média de oscilação calculamos nestas tentativas a frequência mediana de oscilação corporal. A frequência mediana de oscilação corporal corresponde a frequência em que 50% da área total do espectro ocorreu. Ainda, nas tentativas sem movimento da sala, observamos muito comportamento

estocástico da oscilação corporal e, por isso, realizamos o procedimento de “janelamento” para calcular a amplitude média de oscilação nestas condições. No processo de “janelamento” dividimos a tentativa em 12 trechos de tamanho igual e calculamos a amplitude média de oscilação corporal em cada trecho, em seguida, calculamos a média dos 12 trechos e este valor foi utilizado para representar a amplitude média de oscilação corporal nas tentativas em que não houve movimento da sala. Nestas tentativas tanto a amplitude média como a frequência mediana de oscilação corporal foram calculadas na direção ântero-posterior e médio-lateral.

As variáveis do experimento 2 verificaram a oscilação corporal na direção ântero-posterior e o relacionamento entre esta oscilação e o movimento da sala nos períodos: antes (primeiros 4 seg.), durante (2 seg.) e após o movimento da sala (últimos 14 seg.). Para verificar a oscilação corporal foi calculada a amplitude média de oscilação (cálculo descrito anteriormente) nos períodos antes e após o movimento da sala. Para verificar o efeito do deslocamento da sala (durante os 2 seg.) sobre o controle postural do indivíduo foi calculado o deslocamento corporal ocorrido neste período. O deslocamento corporal corresponde à distância entre a posição corporal no instante em que a sala iniciou o movimento e a posição em que o deslocamento induzido pelo movimento da sala é revertido. O tempo de deslocamento correspondente ao intervalo entre o início do movimento da sala e o instante em que ocorreu a reversão da oscilação corporal. Para verificar o relacionamento entre os movimentos corporais e da sala foram calculados o coeficiente de correlação cruzada e a diferença temporal. O tratamento dos dados

e o computo das variáveis foram realizados utilizando rotinas do programa MATLAB (Math Works, versão 6 R12).

4.4 Análise Estatística

No experimento 1 foram realizadas duas análises de multivariância (MANOVAs) 2 x 3 (grupo x freqüência) e duas análises de variância (ANOVAs) 2 x 3 (grupo x freqüência), todas tendo o fator freqüência tratado como medida repetida. A primeira MANOVA teve como variáveis dependentes o ganho e a fase. A segunda teve como variáveis dependentes a AMO e a freqüência mediana de oscilação. Com relação às ANOVAs, a primeira teve como variável dependente a variabilidade e a segunda a AF (amplitude de oscilação na freqüência de estímulo). Além disso, uma MANOVA one way, tendo grupo como fator, foi realizada para analisar as tentativas sem movimento da sala. Esta MANOVA teve como variáveis dependentes a AMO e a freqüência mediana de oscilação nas direções ântero-posterior e médio-lateral.

No experimento 2 foram realizadas três MANOVAs 2 x 2 (grupo x direção), sendo o fator direção tratado como medida repetida. A primeira MANOVA teve como variáveis dependentes o deslocamento corporal e o tempo de deslocamento. A segunda teve como variáveis dependentes a AMO pré e a AMO pós perturbação. A última MANOVA teve como variáveis dependentes o coeficiente de correlação cruzada e a diferença temporal.

Em todas as análises de ambos experimentos, quando houve necessidade análises univariadas e testes Post Hoc (Tukey) foram realizados. Todas as

análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SPSS (SPSS for Windows - Versão 10.0 – SPSS inc,) e o nível de significância foi mantido em 0,05. Para que os pressupostos para aplicação das MANOVAs e ANOVAs fossem atendidos as variáveis variabilidade (Experimento 1) e as variáveis amplitude média de oscilação antes e amplitude média de oscilação depois (Experimento 2) foram transformadas usando a função logarítmica na base 10.

5. RESULTADOS

5.1 Experimento 1

Para facilitar o entendimento dos resultados do experimento 1, estes serão apresentados em duas partes. Inicialmente serão apresentados os resultados referentes às tentativas sem movimento da sala. Em seguida serão apresentados os resultados referentes às tentativas em que a sala foi movimentada de forma contínua nas freqüências 0,1, 0,2 e 0,5 Hz.

5.1.1 Comportamento nas tentativas sem movimento da sala

O comportamento dos participantes nas tentativas sem movimento da sala foi verificado por meio das variáveis descritivas amplitude e freqüência mediana de oscilação. De forma geral, os resultados indicaram que adultos com SD oscilaram mais que seus pares NN. A Figura 3 apresenta exemplos de séries

temporais das oscilações corporais de um participante com SD e de um participante NN em uma tentativa em que não houve movimento da sala.

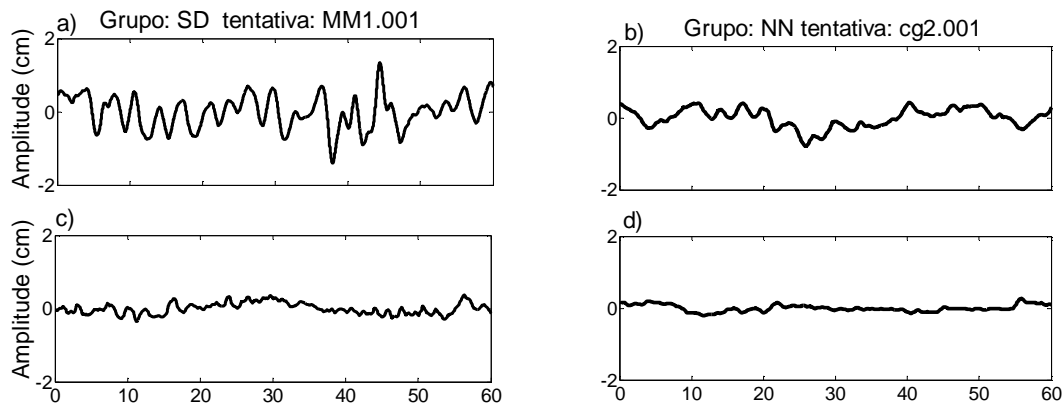


Figura 3: Exemplos de séries temporais da oscilação corporal nas direções ântero-posterior (painéis a e b) e médio-lateral (painéis c e d) de um participante com SD (painéis a e c) e de um participante NN (painéis b e d) em uma tentativa que a sala não foi movimentada.

A Figura 4 apresenta os valores da amplitude média e da freqüência mediana de oscilação nas direções ântero-posterior e médio-lateral para os dois grupos estudados. MANOVA indicou diferença para grupo, Wilks' Lambda=0,442, $F(4,35)=11,039$, $p<0,05$. Análises univariadas apontaram diferença para a amplitude média de oscilação na direção ântero-posterior, $F(1,38)=24,592$, $p<0,05$, e na direção médio-lateral, $F(1,38)=20,601$, $p<0,05$. Além disso, análises univariadas revelaram diferença para a freqüência mediana de oscilação na direção ântero-posterior, $F(1,38)=20,824$, $p<0,05$. Adultos com SD apresentaram maior amplitude de oscilação corporal do que seus pares NN tanto na direção ântero-posterior quanto na médio-lateral. Entretanto para a freqüência mediana de oscilação, o grupo SD apresentou maior freqüência que o grupo NN somente na direção ântero-posterior.

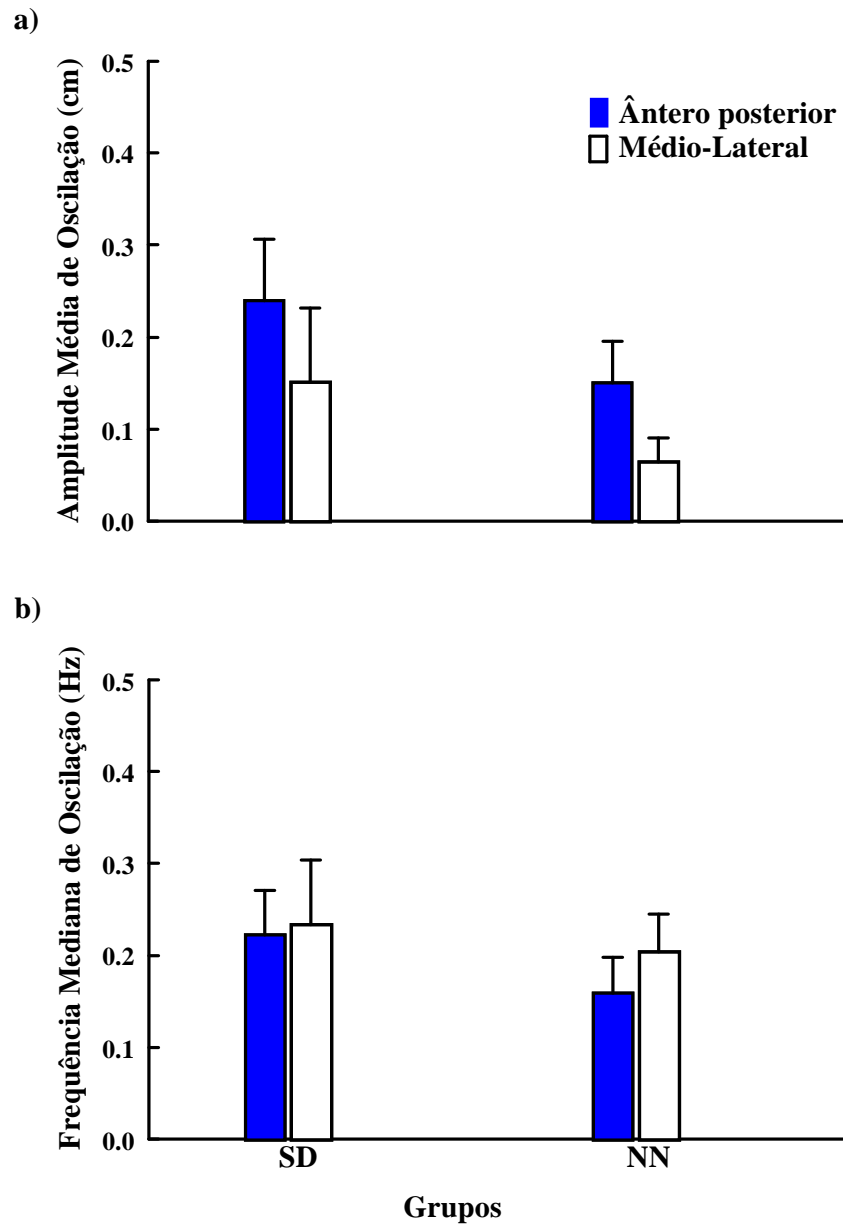


Figura 4: Médias e desvios-padrão da amplitude média de oscilação (a) e da frequência mediana de oscilação (b) nas direções ântero-posterior e médio-lateral para os grupos SD e NN.

5.1.2 Comportamento nas tentativas com movimento contínuo da sala

O comportamento dos participantes nas tentativas com movimento contínuo da sala foi verificado através das variáveis amplitude média de oscilação e frequência média de oscilação. Basicamente, as tentativas com movimento contínuo da sala mostraram que a manipulação da informação visual induziu oscilação corporal de semelhante magnitude para os participantes com SD e NN. As Figuras 5 e 6 apresentam exemplos de séries temporais do movimento da sala e da oscilação corporal, da fase entre o movimento da sala e a oscilação corporal e do espectro da amplitude do movimento da sala e da oscilação corporal de um participante com SD (Figura 5) e de um participante NN (Figura 6).

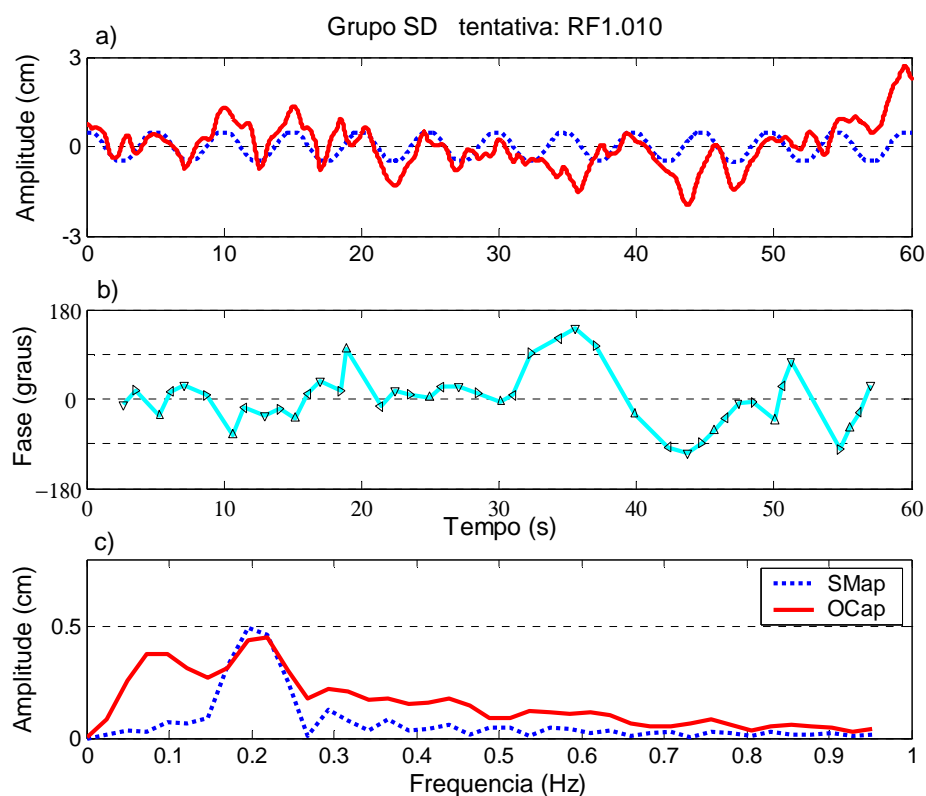


Figura 5: Exemplo de uma tentativa de um participante com SD com movimentação contínua da sala na frequência de 0,2 Hz. O painel (a) apresenta o movimento da sala e a oscilação corporal do indivíduo durante a tentativa, o painel (b) apresenta a fase entre o movimento da sala e a oscilação corporal e o painel (c) apresenta o espectro do movimento da sala e da oscilação corporal. Nota: na legenda SMap é a movimentação da sala móvel na direção ântero-posterior e OCap é a oscilação corporal na direção ântero-posterior.

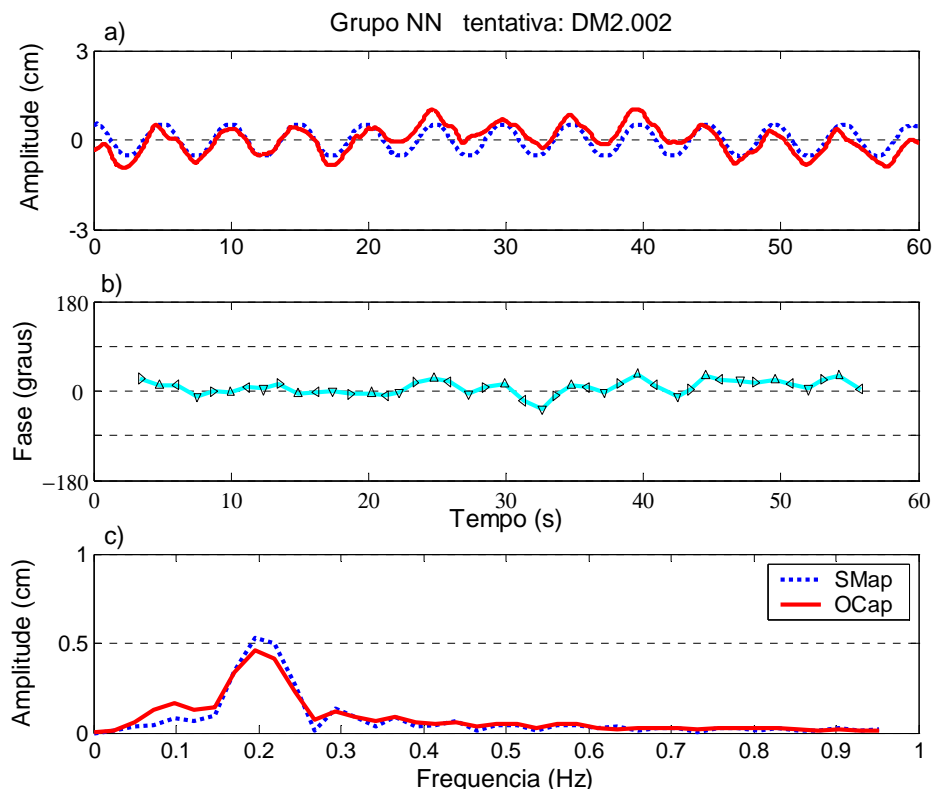


Figura 6: Exemplo de uma tentativa de um participante NN com movimentação contínua da sala na frequência de 0,2 Hz. O painel (a) apresenta o movimento da sala e a oscilação corporal do indivíduo durante a tentativa, o painel (b) apresenta a fase entre o movimento da sala e a oscilação corporal e o painel (c) apresenta o espectro do movimento da sala e da oscilação corporal. Nota: na legenda SMap é a movimentação da sala móvel na direção ântero-posterior e OCap é a oscilação corporal na direção ântero-posterior.

A Figura 7 apresenta os valores da amplitude e da frequência média de oscilação corporal dos grupos SD e NN nas três frequências de movimento da sala. MANOVA não revelou diferença para grupo, Wilks' Lambda=0,965, $F(2,37)=0,673$, $p>0,05$, mas apontou diferença para frequência, Wilks' Lambda=0,007, $F(4,35)=1324,677$, $p<0,05$, e interação grupo e frequência, Wilks' Lambda=0,730, $F(4,35)=3,23$, $p<0,05$. Para a amplitude média de oscilação (Figura 7a), análises univariadas indicaram diferença para frequência,

$F(2,76)=24,422$, $p<0,05$, e interação grupo e freqüência, $F(2,76)=7,577$, $p<0,05$. Testes post hoc revelaram que a amplitude média de oscilação foi diferente apenas para o grupo NN, sendo esta diferença entre as freqüências 0,1 e 0,2 Hz e, 0,1 e 0,5 Hz. Enquanto o grupo SD apresentou valores similares de amplitude média de oscilação corporal em todas as freqüências de movimento da sala, o grupo NN mostrou maior oscilação quando a sala foi movimentada na freqüência 0,1 Hz comparado com quando foi movimentada nas freqüências 0,2 e 0,5 Hz. Para a freqüência média de oscilação (Figura 7b), análises univariadas indicaram diferença apenas para freqüência, $F(2,76)=1886,850$, $p<0,05$. Testes post hoc revelaram diferença entre as três freqüências para ambos os grupos. Os participantes de ambos os grupos oscilaram próximos a freqüência de movimentação da sala, aumentando o valor de freqüência média de oscilação de acordo com a freqüência de movimento da sala (0,1, 0,2 e 0,5 Hz).

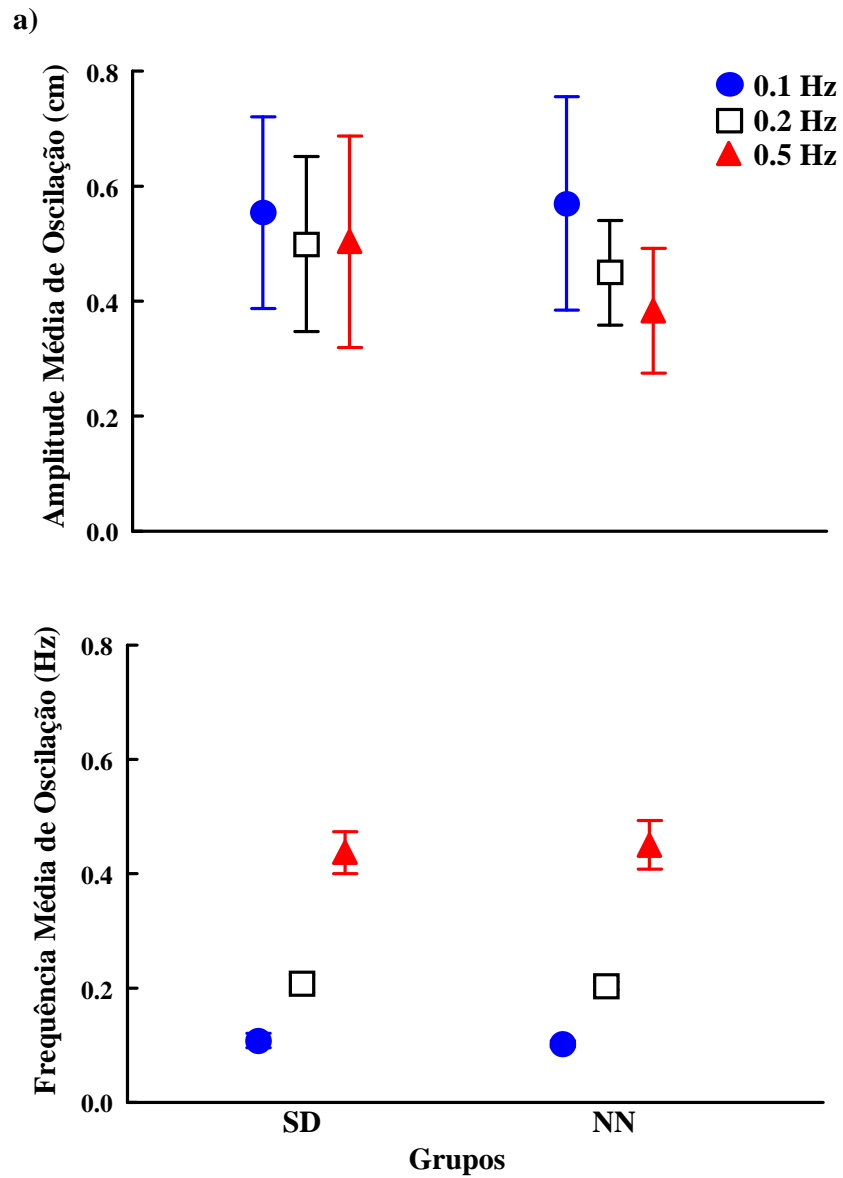


Figura 7: Médias e desvios-padrão da amplitude média de oscilação (a) e da frequência média de oscilação (b) nas três frequências em que a sala foi movimentada (0,1, 0,2 e 0,5 Hz) para os grupos SD e NN.

5.1.3 Acoplamento entre a informação visual e a oscilação corporal nas tentativas com movimento contínuo da sala

O acoplamento entre a informação visual e a oscilação corporal dos participantes nas tentativas com movimento contínuo da sala foi verificado por

meio das variáveis ganho, fase, amplitude de oscilação na frequência de estímulo e variabilidade. De forma geral, os resultados revelaram que, apesar de serem mais variáveis que seus pares NN (Figura 11), adultos com SD exibiram comportamento semelhante aos pares NN quando consideramos o acoplamento entre a informação sensorial e ação motora, tanto no aspecto espacial (Figuras 8 e 10) quanto no temporal (Figura 9).

A Figura 8 apresenta os valores de ganho para os grupos SD e NN nas três frequências de movimento da sala e a Figura 9 apresenta os valores de fase para os dois grupos nestas condições. MANOVA não revelou diferença para grupo, Wilks' Lambda=0,931, $F(2,37)=1,376$, $p>0,05$, mas apontou diferença para frequência, Wilks' Lambda=0,037, $F(4,35)=228,559$, $p<0,05$. Para o ganho, análises univariadas indicaram diferença para frequência, $F(2,76)=35,487$, $p<0,05$. Testes post hoc revelaram que o ganho foi diferente entre as frequências 0,1 e 0,2 Hz, e, entre 0,1 e 0,5 Hz para ambos os grupos. Tanto o grupo SD quanto o NN apresentaram menor ganho quando a sala foi movimentada na frequência 0,1 Hz comparado com quando foi movimentada nas frequências 0,2 e 0,5 Hz.

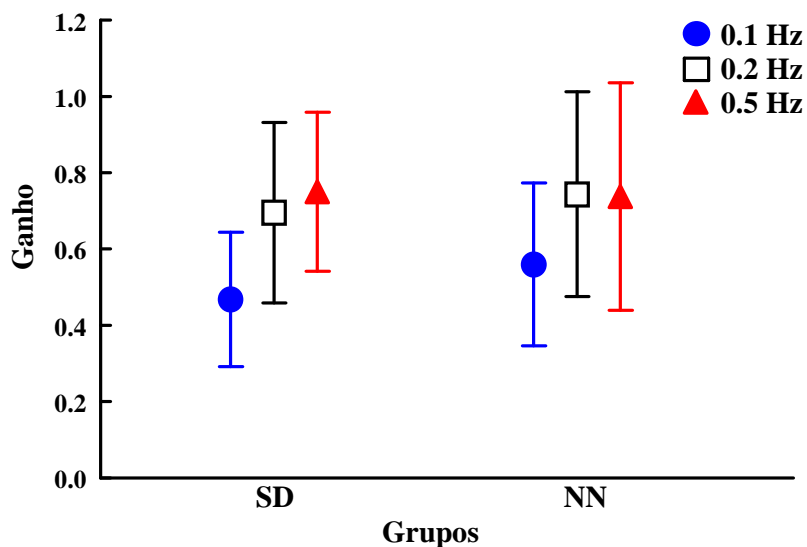


Figura 8: Médias e desvios-padrão do ganho nas três frequências em que a sala foi movimentada (0,1, 0,2 e 0,5 Hz) para os grupos SD e NN.

Para a fase, análises univariadas revelaram diferença para frequência, $F(2,76)=444,018$, $p<0,05$. Testes post hoc mostraram que a fase foi diferente entre as três frequências de movimento da sala para ambos os grupos. Tanto o grupo SD (Figura 9a) quanto o NN (Figura 9b) mostraram relacionamento temporal similar diante das frequências de movimento da sala. A oscilação corporal dos participantes com SD e NN esteve à frente da sala quando ela foi movimentada a 0,1 Hz, em fase com a sala quando ela foi movimentada a 0,2 Hz e, atrasada em relação à sala quando ela foi movimentada a 0,5 Hz.

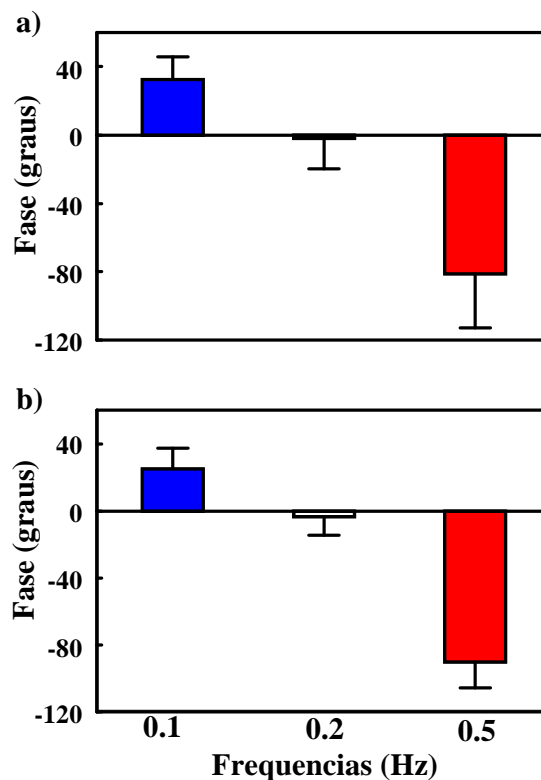


Figura 9: Médias e desvios-padrão da fase nas três freqüências em que a sala foi movimentada (0,1, 0,2 e 0,5 Hz) para os grupos SD (a) e NN (b).

A Figura 10 apresenta os valores da amplitude de oscilação na freqüência de estímulo para os grupos SD e NN nas três freqüências de movimento da sala. ANOVA não revelou diferença para grupo, $F(1,38)=1,112$, $p>0,05$, mas apontou diferença para freqüência, $F(2,76)=147,076$, $p<0,05$. Testes post hoc indicaram diferença entre as três freqüências para ambos os grupos. Participantes com SD e NN diminuíam a amplitude de oscilação na freqüência do estímulo conforme a freqüência do movimento da sala aumentava.

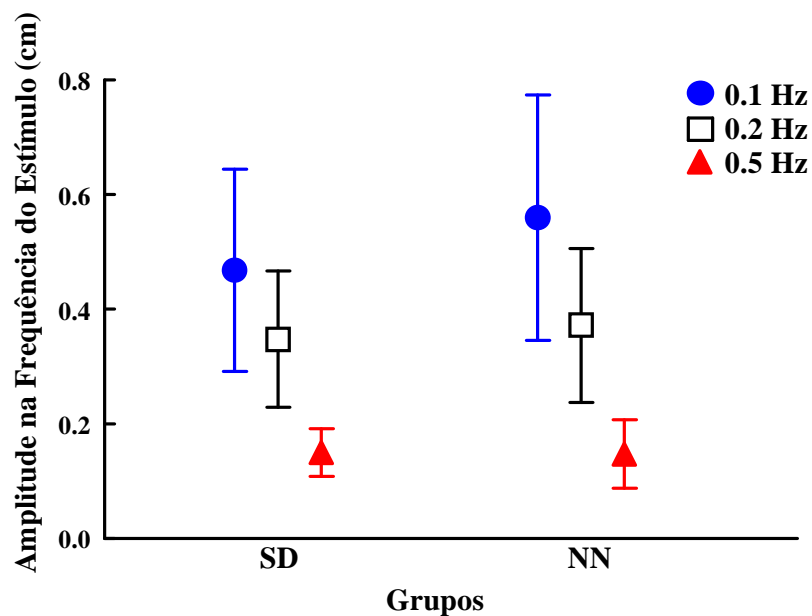


Figura 10: Médias e desvios-padrão da amplitude de oscilação na frequência de estímulo nas três frequências em que a sala foi movimentada (0,1, 0,2 e 0,5 Hz) para os grupos SD e NN.

A Figura 11 apresenta os valores da variabilidade para os grupos SD e NN nas três frequências de movimento da sala. ANOVA indicou diferença para grupo, $F(1,38)=4,647$, $p<0,05$, e para frequência, $F(2,76)=8,392$, $p<0,05$. Os participantes com SD apresentaram maior variabilidade que seus pares NN. Testes post hoc revelaram que a variabilidade foi maior na frequência 0,1 Hz que nas frequências de 0,2 e 0,5 Hz.

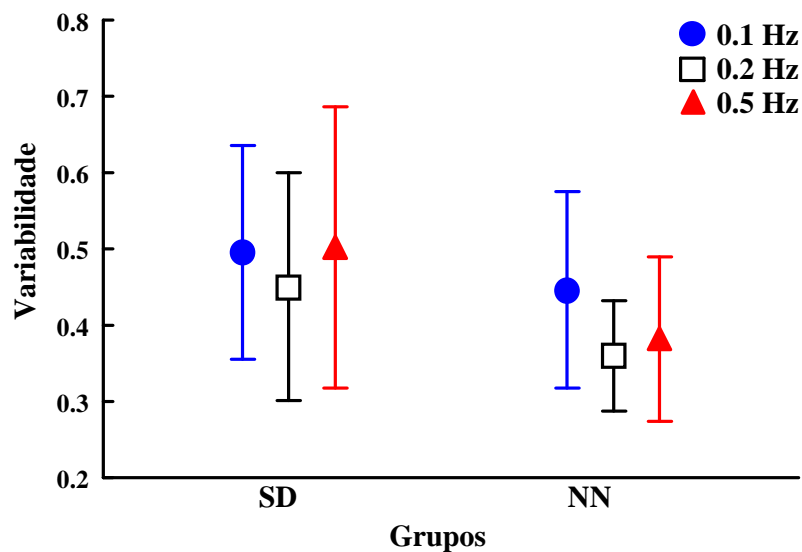


Figura 11: Médias e desvios-padrão da variabilidade nas três frequências em que a sala foi movimentada (0,1, 0,2 e 0,5 Hz) para os grupos SD e NN.

5.2 Experimento 2

5.2.1 Comportamento nas tentativas com movimento discreto da sala

O comportamento dos participantes nas tentativas com movimento discreto da sala foi verificado por meio das variáveis amplitude média de oscilação antes e amplitude média de oscilação após o movimento da sala. Similarmente ao ocorrido no Experimento 1, o movimento discreto da sala, seja afastando ou aproximando do indivíduo, induziu oscilação corporal correspondente nos participantes de ambos os grupos. As Figuras 12 e 13 apresentam exemplos de tentativas em que a sala foi afastada de um participante com SD e de um participante NN, respectivamente. Inicialmente a oscilação corporal segue a

mesma direção do movimento da sala, em seguida ocorre à reversão do movimento e o indivíduo volta a oscilar próximo a posição inicial.

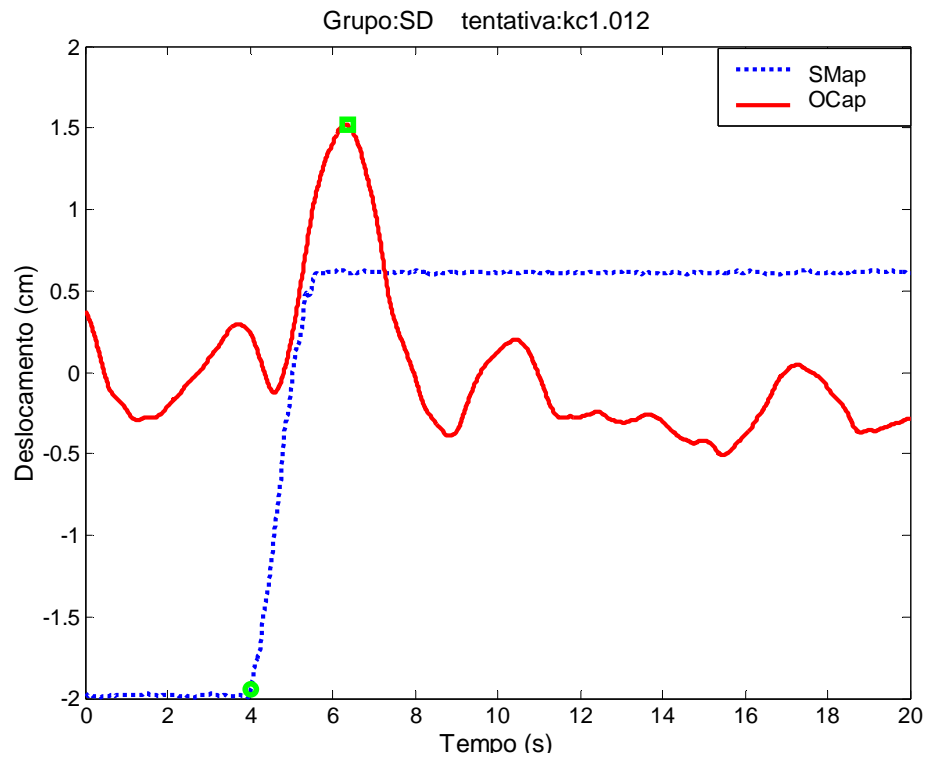


Figura 12: Exemplo da oscilação corporal na direção ântero-posterior de um indivíduo com SD em uma tentativa em que a sala afastou do participante. Nota: na legenda SMap é a movimentação da sala móvel na direção ântero-posterior e OCap é a oscilação corporal na direção ântero-posterior.

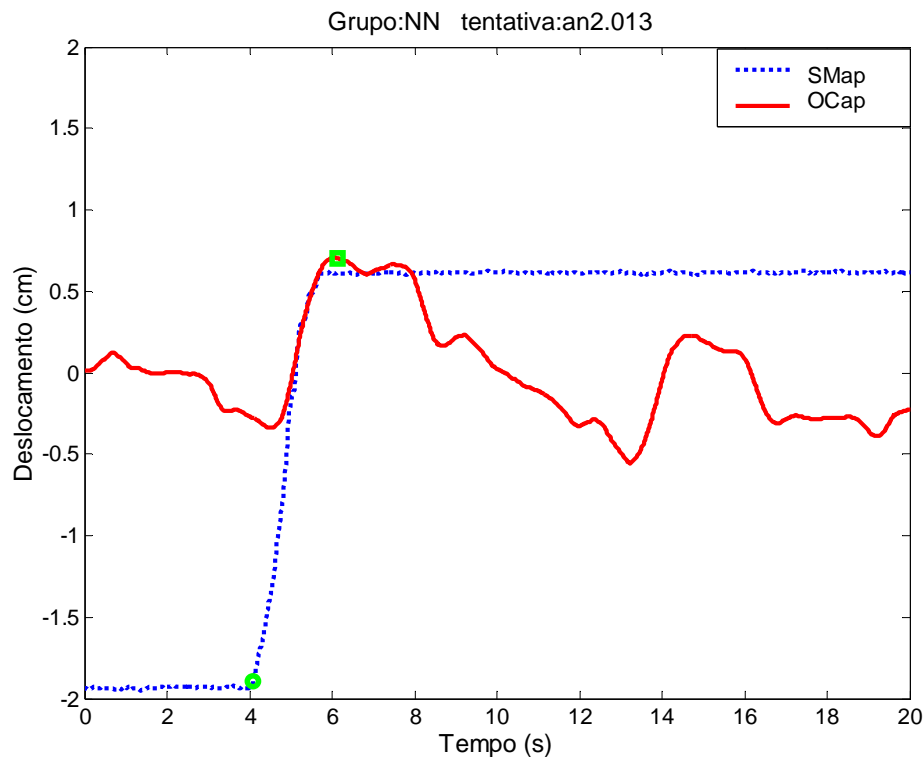


Figura 13: Exemplo da oscilação corporal na direção ântero-posterior de um indivíduo NN em uma tentativa em que a sala afastou do participante. Nota: na legenda SMap é a movimentação da sala móvel na direção ântero-posterior e OCap é a oscilação corporal na direção ântero-posterior.

A Figura 14 apresenta os valores da amplitude média de oscilação corporal nos momentos antes e após o movimento da sala para os grupo SD e NN, nas condições em que a sala afastou e aproximou do participante. MANOVA revelou diferença para grupo, Wilks' Lambda=0,434, $F(2,37)=20,023$, $p<0,05$, mas não apontou diferença para direção, Wilks' Lambda=0,947, $F(2,37)=1,026$, $p>0,05$. Análises univariadas indicaram diferença para a amplitude média de oscilação antes, $F(1,38)=49,036$, $p<0,05$, e para a amplitude média de oscilação depois do movimento da sala, $F(1,38)=29,221$, $p<0,05$. O grupo SD oscilou mais que o grupo NN tanto antes quanto após o movimento da sala.

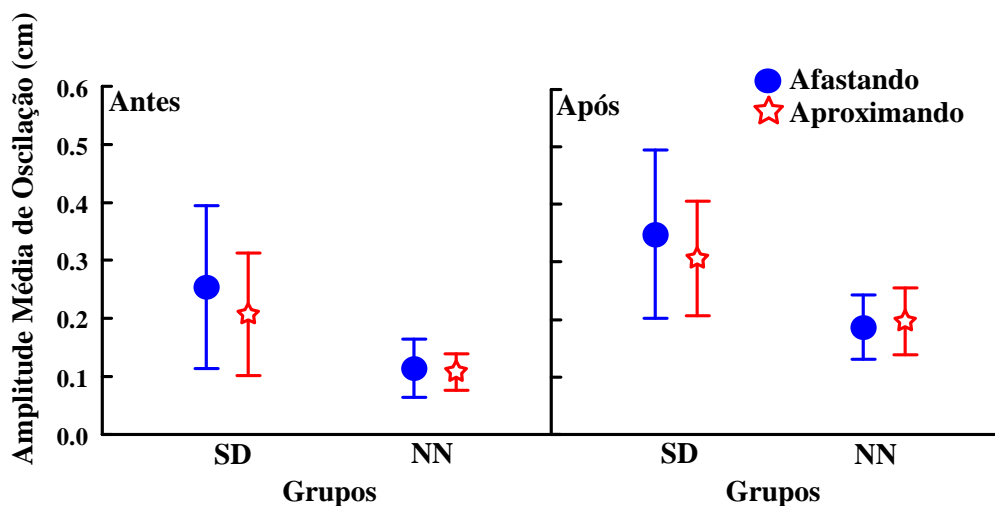


Figura 14: Médias e desvios-padrão da amplitude média de oscilação antes e após o movimento da sala para os grupos SD e NN nas condições de movimento da sala afastando e aproximando do participante.

5.2.2 Influência da informação visual na oscilação corporal nas tentativas com movimento discreto da sala

A influência da perturbação da informação visual na oscilação corporal dos participantes nas tentativas com movimento discreto da sala foi verificada através das variáveis deslocamento corporal e tempo de deslocamento. Basicamente, os resultados mostraram que adultos com SD e NN foram similarmente influenciados pela perturbação discreta da informação visual.

A Figura 15 apresenta o deslocamento corporal e o tempo de deslocamento para os grupos SD e NN, nas condições em que a sala afastou e aproximou do participante. MANOVA não mostrou diferença para grupo, Wilks' Lambda=0,871, $F(2,37)=2,741$, $p>0,05$, mas indicou diferença para direção, Wilks' Lambda=0,838, $F(2,37)=3,584$, $p<0,05$. Análises univariadas indicaram efeito da direção somente

para o deslocamento corporal, $F(1,38)=7,324$, $p<0,05$. Ambos os grupos apresentaram maior deslocamento corporal quando a sala foi movimentada afastando dos participantes do que quando a sala foi movimentada aproximando.

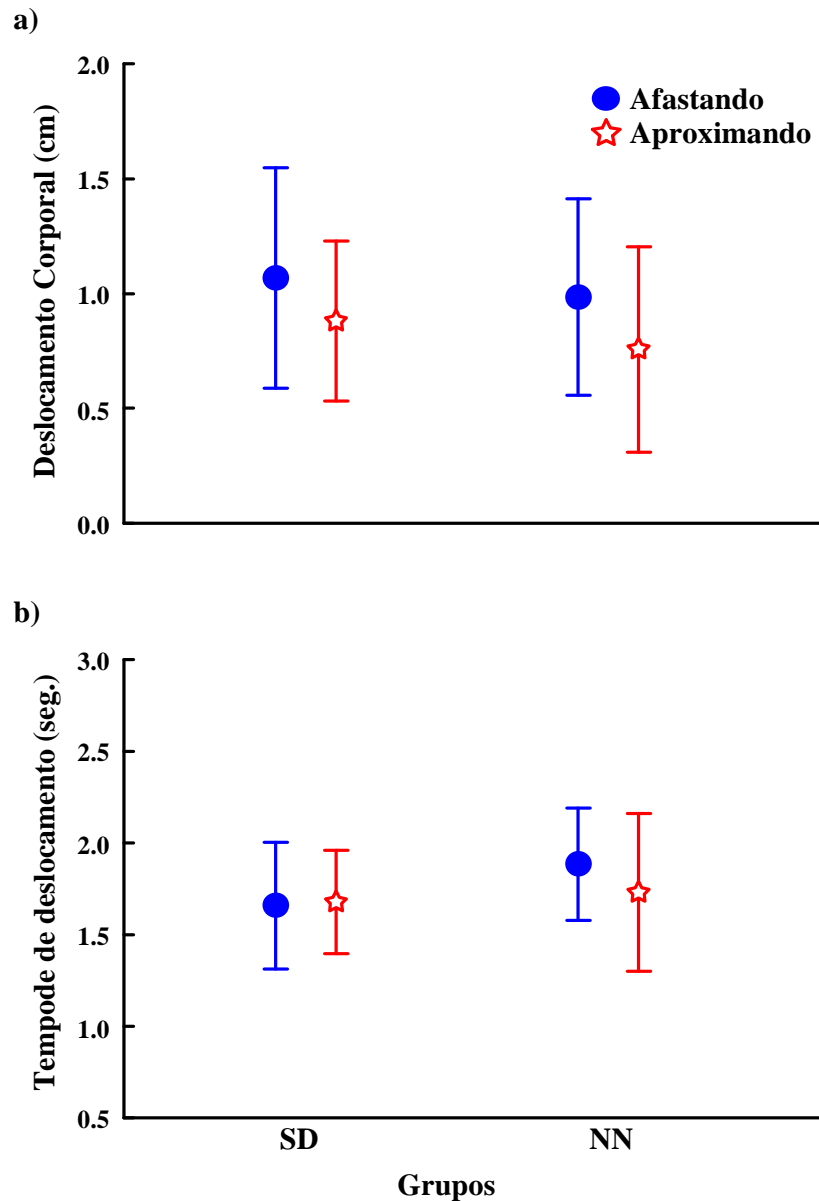


Figura 15: Médias e desvios-padrão do deslocamento corporal (a) e do tempo de deslocamento (b) para os grupos SD e NN nas condições de movimento da sala afastando e aproximando do participante.

5.2.3 Relacionamento entre a informação visual e a oscilação corporal nas tentativas com movimento discreto da sala.

O relacionamento entre a informação visual e o correspondente movimento corporal dos participantes nas tentativas com movimento discreto da sala foi verificado através das variáveis coeficiente de correlação e diferença temporal. Os resultados mostraram que adultos com SD e NN apresentam relacionamento similar entre o movimento discreto da sala e o correspondente movimento corporal.

A Figura 16 apresenta os valores do coeficiente de correlação e a diferença temporal para os grupos SD e NN, nas condições em que a sala afastou e aproximou do participante. MANOVA não apontou diferença para grupo, Wilks' Lambda=0,992, $F(2,37)=0,146$, $p>0,05$, nem para direção, Wilks' Lambda=0,885, $F(2,37)=2,512$, $p>0,05$. Os valores de coeficiente de correlação e diferença temporal foram similares entre os grupos independentemente da direção do movimento da sala.

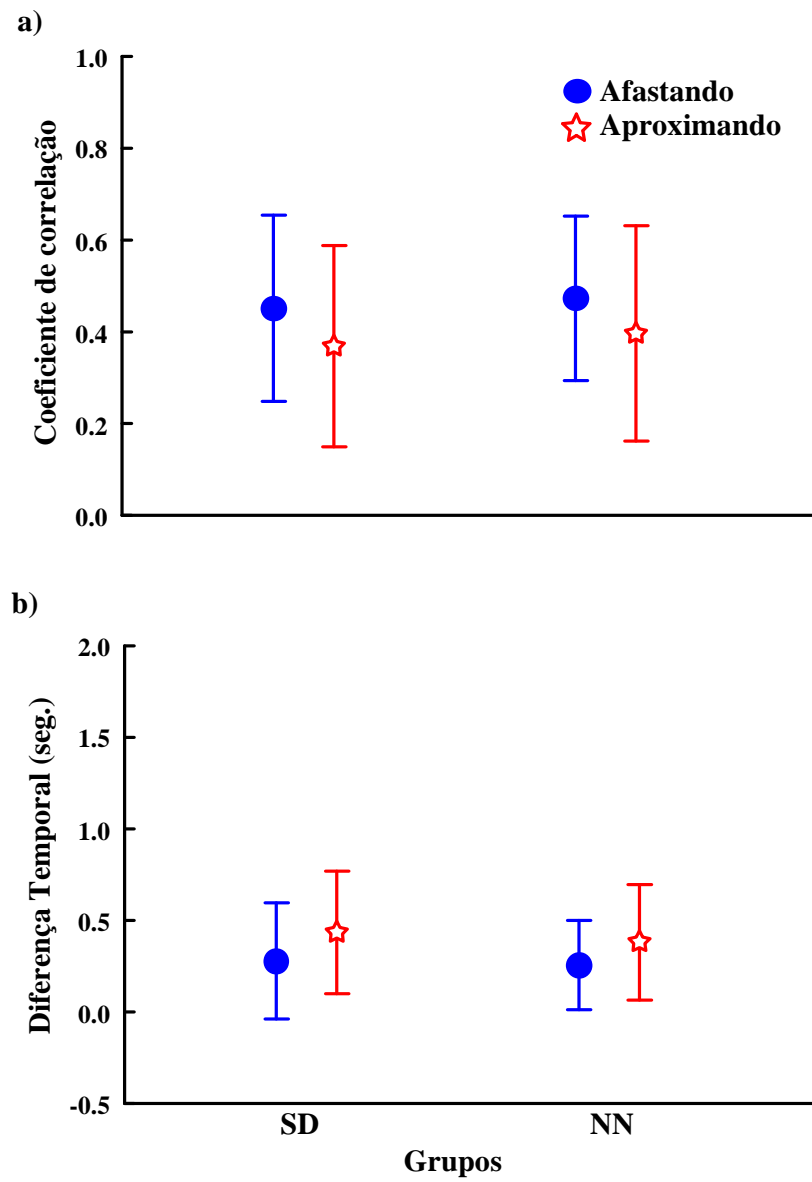


Figura 16: Médias e desvios-padrão do coeficiente de correlação (a) e da diferença temporal (b) para os grupos SD e NN nas condições de movimento da sala afastando e aproximando do participante.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo buscou examinar o controle postural de adultos com SD e NN, focando principalmente no acoplamento entre informação sensorial e ação motora e na influência da informação sensorial na oscilação corporal destes indivíduos. Os resultados mostraram que adultos com SD oscilaram mais que adultos NN. Entretanto, apesar de apresentarem maior variabilidade de oscilação corporal, indivíduos com SD não demonstraram alteração no acoplamento entre informação sensorial e ação motora. Além disso, os resultados revelaram que adultos com SD e NN foram similarmente influenciados pela manipulação da informação visual, e, mais interessante, evidenciaram que os sistemas de controle postural de indivíduos com SD e NN utilizam os mesmos parâmetros de controle.

O fato de adultos com SD apresentarem maior oscilação corporal que seus pares NN não é um resultado novo (GOMES; BARELA, Submetido; VIEREGGE; SCHULZE-RAVA; WESSEL, 1996; WEBBER; VIRJI-BABUL; EDWARDS; LESPERANCE, 2004). Estudos prévios revelaram que mesmo bebês (POLASTRI; BARELA, 2005) e adolescentes (VUILLERME; MARIN; DEBÚ, 2001) com SD são

mais instáveis que seus pares NN. Entretanto, ainda não estão claras as causas para esta maior oscilação corporal da população com SD.

Partindo do pressuposto que o controle postural envolve um acoplamento dinâmico entre informação sensorial e ação motora (BARELA; JEKA; CLARK, 2003; METCALFE; CHEN; CHANG; MCDOWELL; JEKA; CLARK, 2005), o que especificamente implica em captar e integrar as informações sensoriais para identificar a dinâmica de oscilação corporal (posição e velocidade) e produzir contração da musculatura apropriada, o fato de indivíduos com SD oscilarem mais que seus pares NN seria decorrente de três possíveis aspectos: prejuízo na capacidade de captar informação sensorial, dificuldade de realizar a ação motora adequada e problemas para relacionar, apropriadamente, as informações sensoriais com a ação motora.

Com relação ao primeiro aspecto, indivíduos com SD podem ter dificuldade para captar as informações sensoriais que indiquem a posição e com que velocidade o corpo está se movendo. Estudos têm mostrado que indivíduos NN utilizam as informações sensoriais referentes à posição (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIESE; GIELEN, 1994; JEKA; OIE; SCHONER; DIJKSTRA; HENSON, 1998) e, principalmente, à velocidade do movimento do próprio corpo (JEKA; KIEMEL; CREATH; HORAK; PETERKA, 2004), para identificar a posição corporal atual e estimar a posição corporal futura. A partir das informações referentes à posição e velocidade de movimento corporal, o sistema de controle postural deve enviar comandos aos músculos corretos para que estes contraiam na seqüência e magnitude adequada para manter ou alcançar a orientação postural desejada. Sendo assim, qualquer imprecisão na captação destas informações sensoriais

implicaria em alterações na dinâmica de oscilação postural e, conseqüentemente, em mudanças de comportamento.

De fato, indivíduos com SD parecem ter dificuldade para captar as informações da posição e velocidade do corpo, ou seja, que indicam a dinâmica de oscilação corporal. Isto parece ocorrer, principalmente, quando a informação proveniente de algum sistema sensorial é reduzida ou perturbada. Nestas condições, a diferença na magnitude de oscilação corporal entre indivíduos com SD e NN torna-se maior (VUILLERME; MARIN; DEBÚ, 2001; WEBBER; VIRJIBABUL; EDWARDS; LESPERANCE, 2004). Isto indica que, à medida que a quantidade de informação sensorial correta diminui, as dificuldades em trabalhar com as informações restantes aumentam na população com SD. Consideramos no presente estudo, que informação sensorial correta é aquela informação que indica de forma apropriada a dinâmica de oscilação corporal (posição e velocidade do corpo em relação ao ambiente). Por outro lado, em estudo anterior (GOMES; BARELA, Submetido), verificamos que a medida que a quantidade de informação sensorial aumenta, pessoas com SD conseguem detectar esta informação e a utilizam melhorando o controle postural de maneira similar a seus pares NN. O fato de pessoas com SD terem mais dificuldade que seus pares NN para controlar a postura em situações de perturbação sensorial, indica que estes indivíduos podem ter dificuldade para quantificar eficientemente o peso atribuído às informações corretas.

Recentemente, Oie, Kiemel e Jeka (2002) sugeriram que o sistema de controle postural é capaz de “modificar o peso” (re-weighting) dado as informações sensoriais disponíveis no ambiente, no sentido de melhorar o

controle da postura. Sendo assim, em situações onde há, por exemplo, perturbação da informação visual, o sistema de controle postural deve reduzir o “peso” da informação visual e aumentar o “peso” das informações fornecidas pelos outros sistemas sensoriais (ex, vestibular e somatossensorial) para controlar a oscilação corporal. Com base nestas propriedades de “re-pesagem” do sistema de controle postural e considerando os resultados dos estudos citados anteriormente, podemos sugerir que, principalmente em condições de perturbação sensorial, indivíduos com SD têm dificuldade para atribuir “peso” adequado às informações mais importantes naquele contexto, entendendo que as informações mais importantes são aquelas que indicam corretamente a posição e a velocidade de deslocamento do corpo. No entanto, em situações onde alguma informação sensorial está destacada, pessoas com SD são capazes de realizar a “re-pesagem” com sucesso e alcançam a mesma performance na tarefa que seus pares NN. Se, quando a informação relevante está destacada, adultos com SD mostram o mesmo desempenho que adultos NN, mas quando esta informação não está destaca apresentam performance inferior a seus pares, a diferença de performance entre indivíduos com SD e NN parece ocorrer em função da dificuldade dos indivíduos com SD em identificar e dar peso adequado às informações mais importantes para realizar a tarefa motora.

O segundo aspecto que poderia ser responsável pela maior oscilação corporal verificada em pessoas com SD refere-se à capacidade de produzir ação motora adequada. Após a devida captação e atribuição de “pesos” às informações sensoriais, o sistema de controle postural precisa selecionar, quantificar e ativar a musculatura apropriada para controlar a oscilação corporal. Alterações temporais

na ativação muscular (maior latência) e de sincronização da musculatura ativada (co-contracção) têm sido sugeridas como causas para o aumento da oscilação corporal em indivíduos com SD (ARUIN; ALMEIDA, 1997; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985; VUILLERME; MARIN; DEBÚ, 2001; WEBBER; VIRJIBABUL; EDWARDS; LESPERANCE, 2004).

Correlacionando dados experimentais com modelagem matemática, Webber et al, (2004) sugeriram que a maior velocidade de oscilação corporal das pessoas com SD seria decorrente da maior rigidez postural. Além disso, estes autores consideraram que a rigidez postural dos indivíduos com SD era decorrente da co-contracção muscular. Diversos autores têm proposto que a co-contracção dos músculos posturais funciona como uma estratégia para garantir a segurança e a estabilidade (LATASH, 2000; QUERNER; KRAFCZYK; DIETERICH; BRANDT, 2002). Ainda, que esta estratégia seria utilizada, principalmente, em situações onde perturbações inesperadas podem acontecer. Em função das condições experimentais do presente estudo, os participantes depararam-se com um ambiente diferente do habitual (ex, sala listrada de branco e preto), por isso, havia a possibilidade destes participantes aumentarem a rigidez dos músculos posturais nesta situação. Esta estratégia seria utilizada, principalmente, pela população com SD (LATASH, 2000). Conseqüentemente, os participantes com SD oscilariam mais que os NN em função da maior rigidez dos músculos posturais. Entretanto, se este fosse o caso, esta diferença deveria persistir nas condições com manipulação sensorial, porém, não foi o que ocorreu.

Nas situações com movimento da sala não observamos diferenças na amplitude de oscilação corporal. Através da manipulação contínua da informação

visual, verificamos que adultos com SD acoplavam a oscilação corporal a esta informação de maneira similar a seus pares NN. Mais ainda, identificamos que o acoplamento foi semelhante entre os grupos tanto nos aspectos temporais (fase) quanto nos espaciais (ganho). Isto indica que, em situações de manipulação sensorial, adultos com SD são capazes de relacionar a informação sensorial com a ação motora da mesma forma que seus pares NN, captando a informação sensorial manipulada, pesando esta informação e produzindo ação motora, similarmente a seus pares NN.

A capacidade de captar e utilizar as informações referentes à posição e velocidade de oscilação corporal (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIESE; GIELEN, 1994; JEKA; OIE; SCHONER; DIJKSTRA; HENSON, 1998; JEKA; KIEMEL; CREATH; HORAK; PETERKA, 2004) parece estar intacta em indivíduos com SD, pelo menos em situações onde esta informação está destacada, como no caso da sala móvel. Esta colocação é consubstanciada no fato de participantes com SD apresentarem amplitude e velocidade de oscilação corporal correspondentes à amplitude e velocidade do estímulo sensorial.

Do mesmo modo, indivíduos com SD mostraram-se capazes de realizar ação motora correspondente com o estímulo detectado. Se o estímulo sensorial proveniente do movimento da sala fosse captado corretamente, mas a ação motora não fosse adequada, certamente, o acoplamento verificado nos indivíduos com SD seria diferente do observado nos indivíduos NN. A similaridade para os valores de fase (Experimento 1) e diferença temporal (Experimento 2) entre adultos com SD e NN não indicam qualquer problema de latência para ativação muscular nas pessoas com SD. Se indivíduos com SD apresentassem maior

latência para ativação muscular, a diferença temporal entre o movimento da sala e o movimento corporal seria maior nestas pessoas. Além disso, na situação experimental em que a sala foi movimentada na frequência de 0,5 Hz, estes participantes estariam temporalmente mais atrasados em relação ao movimento da sala do que seus pares NN, no entanto, isto não ocorreu.

Além de não indicarem problemas de latência em indivíduos com SD, os valores de fase permitiram a identificação de um fenômeno ainda mais interessante. Estes valores mostraram que, da mesma forma que indivíduos NN, adultos com SD oscilaram a frente do movimento da sala, quando ela foi movimentada na frequência de 0,1 Hz, e, com um atraso temporal ao movimento da sala, quando ela foi movimentada na frequência de 0,5 Hz. Embora especulativo e que necessita de maior esclarecimento, este comportamento indica que, similarmente a seus pares NN, indivíduos com SD empregam mecanismos de controle proativo (“feedforward”, evidenciado pela oscilação corporal à frente do estímulo) e reativo (“feedback”, evidenciado pela oscilação corporal atrás do estímulo) para controlar a postura. Ainda, estes resultados mostram que o sistema de controle postural de adultos com SD é capaz de mudar de estratégia de controle, dependendo das informações sensoriais disponíveis no ambiente. Por fim, o padrão de fase e os valores de ganho demonstrados pelos adultos com SD foram similares aos encontrados para adultos NN do presente estudo e de estudos anteriores (GODOI, 2004; JEKA; OIE; SCHONER; DIJKSTRA; HENSON, 1998) evidenciando, portanto, que os sistemas de controle postural de indivíduos com SD e NN utilizam os mesmos mecanismos de controle para controlar as oscilações corporais.

Apesar da semelhança com seus pares NN, quanto à dinâmica de oscilação corporal, os resultados apontaram que adultos com SD apresentam maior variabilidade de oscilação corporal que adultos NN. Em certas circunstâncias, o aumento da variabilidade pode representar uma estratégia funcional do sistema para facilitar adaptações, frente às mudanças nas restrições ambientais (DAVIDS; GLAZIER; ARAÚJO; BARTLETT, 2003). Recentemente, Davids, Bennett e Newell (2006) reuniram em um livro diversos trabalhos que discutem a importância da presença de variabilidade em sistemas biológicos, sobretudo, como fonte de exploração para novos comportamentos. Entretanto, o corpo humano parece ser capaz de usar a variabilidade como um meio exploratório somente depois que a estabilidade na tarefa foi alcançada (HAMILL; HADDAD; HEIDERSCHEIT; VAN EMMERICK, 2006). Como no presente estudo os indivíduos com SD demonstraram ser menos estáveis que seus pares (condições sem manipulação sensorial) parece contraditório sugerir que indivíduos com SD apresentam maior variabilidade de oscilação corporal porque exploram mais a dinâmica de oscilação corporal que adultos NN. Parece mais oportuno sugerir que a maior variabilidade observada nos indivíduos com SD ocorra devido ao maior ruído inerente ao sistema de controle postural desta população.

O sistema de controle postural sofre influência de múltiplas fontes de ruído, dentre estas, duas fontes específicas parecem ser as principais responsáveis pela maior variabilidade de oscilação corporal. A primeira fonte de ruído reside na capacidade de estimar a dinâmica da oscilação corporal (posição e velocidade). A segunda, consiste da diferença entre a ação produzida pelos músculos

(sincronização e magnitude de ativação muscular) e a especificada pelo sistema de controle postural (BARELA; JEKA; CLARK, 2003). Sendo assim, a maior variabilidade observada nos adultos com SD indica que o sistema de controle postural destes indivíduos é mais susceptível a ocorrência de ruídos relacionados principalmente aos processos de identificação da oscilação corporal (posição e velocidade) e de ativação muscular apropriada. É importante ressaltar que diferenças na variabilidade não significam diferenças funcionais. De forma sucinta, a maior variabilidade poderia simplesmente indicar que o sistema está explorando mais a dinâmica de oscilação corporal (K; S; KM, 2006; K; P; D; R, 2003) ou, especialmente no presente estudo, apontar maior presença de ruído no sistema (BARELA; JEKA; CLARK, 2003). Deste modo, sugerimos que, embora mais variável, o sistema de controle postural de indivíduos com SD é funcionalmente igual ao de seus pares NN.

Os resultados referentes à condição de manipulação sensorial discreta reforçam a ideia de similaridade funcional entre indivíduos com SD e NN. O movimento discreto da sala coloca o sistema de controle postural diante de um conflito sensorial, onde o sistema visual fornece informação ilusória e oposta às fornecidas pelos sistemas vestibular e somatossensorial. Para resolver este conflito, o sistema de controle postural precisa modificar o “peso” dado a cada informação (OIE; KIEMEL; JEKA, 2002). Especificamente, deve aumentar o “peso” dado às informações corretas, provenientes dos sistemas vestibular e somatossensorial, e reduzir o “peso” dado à informação ilusória, proveniente do sistema visual. Dependendo da precisão nesta “re-pesagem” sensorial, o indivíduo será mais ou menos influenciado pela informação ilusória. Como os participantes

com SD e NN foram influenciados da mesma forma pela informação ilusória (visual), podemos considerar que os sistemas de controle postural de indivíduos com SD e NN realizam a re-pesagem sensorial de maneira semelhante. Esta afirmação corrobora sugestões de Gomes e Barela (Submetido) e Vuillerme, Marin e Debú (2001), e fortalece ainda mais a idéia de similaridade no funcionamento do sistema de controle postural entre estas populações.

Em contrapartida, outros estudos indicam que pessoas com SD são menos eficientes para realizar esta “re-pesagem” sensorial (BUTTERWORTH; CICCETTI, 1978; WADE; EMMERIK; KERNOZEK, 2000). Nestes estudos, crianças com SD, com idade média de 2,7 anos e de 10,6 anos, respectivamente, foram mais influenciadas pela informação visual ilusória que seus pares NN. Esta divergência entre os resultados do presente estudo e os resultados dos estudos citados acima, pode ter ocorrido, principalmente, por duas razões: diferenças nos parâmetros da manipulação sensorial e diferença na idade dos participantes.

Se o sistema de controle postural utiliza as informações referentes à posição e a velocidade de movimento para controlar a oscilação corporal (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIESE; GIELEN, 1994; JEKA; OIE; SCHONER; DIJKSTRA; HENSON, 1998; JEKA; KIEMEL; CREATH; HORAK; PETERKA, 2004), qualquer alteração nesses parâmetros poderia desencadear mudanças no comportamento observado. No presente estudo a manipulação sensorial discreta provocou uma alteração da posição de 2,6 cm de amplitude, com velocidade média de 1,3 cm/s. No estudo de Butterworth e Cicchetti (1978) a amplitude da manipulação sensorial foi de 61 cm e a velocidade média foi de 41 cm/s. Já no estudo de Wade et al, (2000) a amplitude da manipulação sensorial foi de 40 cm

com velocidade média de 20 cm/s. Diante disto, fica claro que o estudo atual utilizou parâmetros de manipulação sensorial (amplitude e velocidade) muito inferiores aos utilizados nos estudos anteriores. Estímulos sensoriais de grande amplitude e velocidade dificultam a análise da dinâmica de oscilação corporal. Nestas condições, a informação comportamental pode influenciar a dinâmica intrínseca do sistema (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004; PEROTTI JÚNIOR, 2006) de forma diferente quando comparada com condições de estímulos de pequena magnitude, como no presente estudo. Portanto, as diferenças nos parâmetros da manipulação sensorial são fatores que poderiam explicar a incongruência dos resultados do presente estudo e dos estudos anteriores (BUTTERWORTH; CICCHETTI, 1978; WADE; EMMERIK; KERNOZEK, 2000).

O segundo aspecto que poderia esclarecer a discordância entre nossos resultados e os anteriores (BUTTERWORTH; CICCHETTI, 1978; WADE; EMMERIK; KERNOZEK, 2000) está relacionado à idade dos participantes. Estes estudos prévios analisaram o controle postural de crianças com idade média de 2,7 anos e 10,6 anos, respectivamente. Nestas idades, os indivíduos com SD estão em pleno desenvolvimento motor, porém, este desenvolvimento ocorre mais tarde comparado com a população NN (HALEY, 1986; PUESCHEL, 2000; SCHWARTZMAN, 1999).

Assumindo que a aquisição e o desenvolvimento de habilidades motoras é dependente de um relacionamento dinâmico entre informação sensorial e ação motora (BARELA; JEKA; CLARK, 2003; GODOI, 2004; METCALFE; CHEN; CHANG; MCDOWELL; JEKA; CLARK, 2005), o fato de crianças com SD atingirem os marcos motores mais tarde que seus pares NN indica que estas crianças

também estão atrasadas quanto a aquisição e refinamento do relacionamento sensório-motor. Esta sugestão pode ser confirmada pelos resultados do estudo de Polastri e Barela (2005), que revelaram que bebês com SD apresentam relacionamento entre informação sensorial e ação motora mais fraco que seus pares NN. Além disso, Vuillerme, Marin e Debú (2001) indicam que indivíduos com SD refinam este relacionamento para níveis similares ao de adultos, cronologicamente mais tarde que seus pares NN. Sendo assim, os participantes dos estudos de Butterworth e Cicchetti (1978) e Wade et al, (2000), possivelmente possuíam a capacidade de relacionar as informações sensoriais com a ação motora não tão refinada e estável como seus pares NN e, por esta razão, eram mais susceptíveis a influência da manipulação sensorial.

Com base nos resultados do presente estudo, podemos sugerir que as diferenças encontradas nestes estudos envolvendo crianças com SD (BUTTERWORTH; CICHETTI, 1978; WADE; EMMERIK; KERNOZEK, 2000) podem ter ocorrido em função do atraso desenvolvimental inerente a estes indivíduos e não em função de problemas funcionais no sistema de controle postural. Se o déficit no relacionamento sensório-motor fosse decorrente de problemas funcionais no sistema de controle postural das pessoas com SD, então, essas diferenças permaneceriam em indivíduos adultos. No entanto, nossos resultados mostram que isto não ocorre. Pelo contrário, revelam que adultos com SD e NN apresentam a mesma capacidade de relacionamento sensório-motor e, da mesma forma que sugerido por Vuillerme, Marin e Debú (2001), suportam a idéia de que os sistemas de controle postural de indivíduos com SD e NN são funcionalmente similares.

Entretanto, o fato mais intrigante é que, mesmo apresentando funcionamento similar do sistema de controle postural, adultos com SD ainda oscilaram mais que adultos NN na condição sem manipulação sensorial. Vuillerme, Marin e Debú (2001) propuseram que ao invés de diferenças funcionais, diferenças quantitativas seriam responsáveis por este comportamento. Com base nos achados do presente estudo podemos incrementar a proposta de Vuillerme, Marin e Debú (2001), sugerindo que, em condições onde a informação sensorial importante não está destacada, indivíduos com SD têm dificuldade para identificar e quantificar essa informação sensorial. Em outras palavras, isto indica que, em condições de informação sensorial redundante, estas pessoas têm dificuldade para extrair (dar maior “peso”) as informações mais relevantes para a execução da tarefa. Esta afirmação é sustentada na observação que em condições de informação sensorial destacada, como no caso da sala móvel, indivíduos com SD conseguem dar “peso” e acoplar a esta informação da mesma forma que seus pares NN. Frente a isto, podemos sugerir que a maior oscilação corporal dos indivíduos com SD, em condições de redundância de informação sensorial, não resulta de alterações funcionais, e sim de dificuldade para quantificar o “peso” dado às informações sensoriais mais importantes. Ainda, sugerimos que esta dificuldade ocorre em função da maior quantidade de ruído envolvida no processo de identificar a dinâmica de oscilação corporal, inerente ao sistema de controle das pessoas com SD.

Por fim, o presente estudo mostrou que adultos com SD são capazes de relacionar as informações sensoriais com a ação motora similarmente a adultos NN. Entretanto, revelou também que, mesmo sendo funcionalmente similar, o

sistema de controle postural de adultos com SD apresenta maior quantidade de ruído, o que faz com que estes indivíduos apresentem maior variabilidade no relacionamento entre informação sensorial a ação motora e, ainda, tenham dificuldade para extrair (dar maior “peso”) a informação mais relevante para executar a tarefa, quando esta não está destacada.

7. CONCLUSÃO

O presente estudo revelou aspectos importantes sobre o sistema de controle postural de adultos com SD, sobretudo, considerando as características do acoplamento entre informação sensorial e ação motora. Primeiramente, mostrou que adultos com SD oscilam mais que seus pares NN corroborando estudos prévios (GOMES; BARELA, submetido; VIEREGGE; SCHULZE-RAVA; WESSEL, 1996; WADE; EMMERIK; KERNOZEK, 2000).

Em um segundo momento, evidenciou que este comportamento não ocorre nas situações onde uma informação sensorial está destacada. Nesta situação, adultos com SD acoplam a oscilação corporal a informação sensorial da mesma forma que seus pares NN e, assim, apresentam a mesma magnitude de oscilação corporal. A partir da semelhança entre os grupos para as variáveis referentes ao acoplamento sensório-motor, em particular o ganho e a fase, o estudo demonstrou que adultos com SD e NN utilizam os mesmos parâmetros de controle (posição e velocidade) para administrar a dinâmica de oscilação corporal. Ainda, indicou que

os sistemas de controle postural de ambos os grupos apresentam funcionamento similar.

O último aspecto revelado pelo presente estudo foi que, apesar de funcionalmente similar a seus pares NN, adultos com SD apresentavam maior variabilidade no acoplamento entre informação sensorial e ação motora. Esta maior variabilidade estaria associada a maior quantidade de ruído envolvido, principalmente, no processo de identificar a dinâmica da oscilação corporal (posição e velocidade).

Diante destas evidências concluímos que a maior quantidade de ruído envolvida no processo de captação e integração das informações sensoriais faz com que, nas condições em que nenhuma informação sensorial está destacada, indivíduos com SD tenham dificuldade para extrair as mais relevantes para realizar a tarefa e, conseqüentemente, apresentem maior oscilação corporal que adultos NN.

8. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. L.; CORCOS, D. M.; LATASH, M. L. Practice and transfer effects during fast single-joint elbow movements in individuals with Down syndrome. **Physical Therapy**, Alexandria, v. 74, p. 1000-1012, 1994.

ALMEIDA, G. L.; MARCONI, N. F.; TORTOZA, C.; FERREIRA, S. M. S.; GOTTLIEB, G.; CORCOS, D. Sensorimotor Deficits in Down Syndrome: implications for facilitating motor performance. In: WEEKS, D. J.; CHUA, R.; ELLIOTT, D. (Eds.). **Perceptual motor Behavior**. Champaign: Human Kinetics, 2000, p. 151-174.

ANGELOPOULOU, N.; TSIMARAS, V.; CHRISTOULAS, K.; KOKARIDAS, D.; MANDROUKAS, K. Isokinetic knee muscle strength of individuals with mental retardation, a comparative study. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 88, p. 849-855, 1999.

ANSON, J. G. Neuromotor Control and Down Syndrome. In: SUMMERS, J. J. (Eds.). **Advances of Psychology** approaches to the study of motor control and learning. Amsterdam: Elsevier, 1992, p. 387-412.

ANSON, J. G.; MAWSTON, G. A. Patterns of Muscle Activation in Simple Reaction-Time Tasks. In: WEEKS, D. J.; CHUA, R.; ELLIOTT, D. (Eds.). **Perceptual Motor Behavior in Down Syndrome**. Champaign: Human Kinetics, 2000, p. 1-24.

ANTONARAKIS, S. E. Parental origin of the extra chromosome in trisomy 21 as indicated by analysis of DNA polymorphisms. Down Syndrome Collaborative Group. **The New England Journal of Medicine**, Boston, v. 324, p. 872-876, 1991.

ARUIN, A. S.; ALMEIDA, G. L. A Coactivation Strategy in Anticipatory Postural Adjustments in Persons With Down Syndrome. **Motor Control**, Champaign, v. 1, p. 178-191, 1997.

AYLWARD, E. H.; HABBAK, R.; WARREN, A. C.; PULSIFER, M. B.; BARTA, P. E.; JERRAM, M.; PEARLSON, G. D. Cerebellar volume in adults with Down syndrome. **Archives of Neurology**, Chicago, v. 54, p. 209-212, 1997.

BARELA, J. A. Aquisição de habilidades motoras: do inexperiente ao habilidoso. **Revista Motriz**, Rio Claro, v. 5, p. 53-57, 1999.

BARELA, J. A.; JEKA, J. J.; CLARK, J. E. Postural control in children. Coupling to dynamic somatosensory information. **Experimental Brain Research**, v. 150, p. 434-442, 2003.

BERTENTHAL, B. I.; ROSE, J. L.; BAI, D. L. Perception-action coupling in the development of visual control of posture. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, Arlington, v. 23, p. 1631-1643, 1997.

BUTTERWORTH, G.; CICHETTI, D. Visual calibration of posture in normal and motor retarded Down's syndrome infants. **Perception**, Ottawa, v. 7, p. 513-525, 1978.

CARAKUSHANSKY, G. **Doenças genéticas em pediatria**. Rio de Janeiro: Koogan, 2001.

CHEN, Y. J.; FANG, P. C. Sensory evoked potentials in infants with Down syndrome. **Acta Paediatrica**, Stockholm, v. 94, p. 1615-1618, 2005.

CIONI, M.; COCILOVO, A.; DI PASQUALE, F.; ARAUJO, M. B.; SIQUEIRA, C. R.; BIANCO, M. Strength deficit of knee extensor muscles of individuals with Down syndrome from childhood to adolescence. **American Journal of Mental Retardation**, Washington, v. 99, p. 166-174, 1994.

COLE, K. J.; ABBS, J. H.; TURNER, G. S. Deficits in the production of grip forces in Down syndrome. **Developmental Medicine and Child Neurology**, London, v. 30, p. 752-758, 1988.

CROCE, R. V.; PITETTI, K. H.; HORVAT, M.; MILLER, J. Peak torque, average power, and hamstrings/quadiceps ratios in nondisabled adults and adults with mental retardation. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**., Chicago, v. 77, p. 369-372, 1996.

DAVIDS, K.; BENNETT, S.; NEWELL, K. M. **Movement system variability**. Champaign: Human Kinetics, 2006.

DAVIDS, K.; GLAZIER, P.; ARAÚJO, D.; BARTLETT, R. Movement systems as dynamical systems. **Sports Medicine**, Auckland v. 33, p. 245-260, 2003.

DAVIS, W.; KELSO, J. A. S. Analysis of "invariant characteristics" in the motor control of Down's Syndrome and normal subjects. **Journal of Motor Behavior**, Washington, v. 14, p. 194-212, 1982.

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**, Berlin, v. 97, p. 477-486, 1994.

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

ELLIOTT, D. Movement control and Down syndrome: a neuropsychological approach. In: REID, G. (Eds.). **Problems in movement control**. North-Holland: Elsevier Science B. V., 1990, p. 201-216.

FRANK, J. S.; EARL, M. Coordination of posture and movement. **Physical Therapy**, Alexandria, v. 70, p. 855-863, 1990.

FREITAS JÚNIOR, P. B.; BARELA, J. A. Postural control as a function of self-and object-motion perception. **Neuroscience Letters**, Limerick, v. 369, p. 64-68, 2004.

GARCIAS, G. L.; MARTINO-ROTH, M. G.; MESKO, G. E.; BOFF, T. A. Aspectos do desenvolvimento neuropsicomotor na Síndrome de Down. **Revista Brasileira de Neurologia**, Rio de Janeiro, v. 31, p. 245-248, 1995.

GODOI, D. **Efeitos da manipulação do estímulo visual no controle postural nas faixas etárias de 4 a 14 anos de idade**. 2004. Dissertação (Mestrado em Biodinâmica da Motricidade Humana) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

GOMES, M. M.; BARELA, J. A. Postural control in Down syndrome: the use of somatosensory and visual information to attenuate body sway. **Motor Control**, Champaign, v., p., Submetido.

HALEY, S. M. Postural reactions in infants with Down Syndrome: Relationship to motor milestone development and age. **Physical Therapy**, Alexandria, v. 66, p. 17-22, 1986.

HAMILL, J.; HADDAD, J. M.; HEIDERSCHEIT, B. C.; VAN EMMERICK, R. E. A. Clinical relevance of variability in coordination. In: DAVIDS, K.; BENNETT, S.; NEWELL, K. M. (Eds.). **Movement system variability**. Champaign: Human Kinetics, 2006, p. 153-165.

HARTLEY, X. Y. A summary of recent research into the development of children with Down's Syndrome. **Journal of Mental Deficiency and Research**, Oxford, v. 30, p. 1-14, 1986.

HAYES, A.; BATSHAW, M. L. Down syndrome. **Pediatric Clinics of North America.**, Philadelphia, v. 40, p. 523-535, 1993.

HICK, R. F.; BOTTING, N.; CONTI-RAMSDEN, G. Short-term memory and vocabulary development in children with Down syndrome and children with specific language impairment. **Developmental Medicine and Child Neurology**, London, v. 47, p. 532-538, 2005.

HODGES, N. J.; CUNNINGHAM, S. J.; LYONS, J.; KERR, T. L.; ELLIOTT, D. Visual feedback processing and goal-directed movement in adults with down syndrome. **Adapted Physical Activity Quarterly**, Champaign, v. 12, p. 176-186, 1995.

HORAK, F. B.; MACPHERSON, J. M. Postural orientation and equilibrium. In: ROWELL, L. B.; SHEPARD, J. T. (Eds.). **Handbook of physiology**. New York: Oxford University Press, 1996, p. 255-292.

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

JEKA, J.; KIEMEL, T.; CREATH, R.; HORAK, F.; PETERKA, R. Controlling human upright posture: velocity information is more accurate than position or acceleration. **Journal of Neurophysiology**, v. 92, p. 2368-2379, 2004.

JOBLING, A.; MON-WILLIAMS, M. Motor Development in Down syndrome: a longitudinal perspective. In: WEEKS, D. J.; CHUA, R.; ELLIOTT, D. (Eds.). **Perceptual motor behavior**. Champaign: Human Kinetics, 2000, p. 225-248.

K, D.; S, B.; KM, N. **Movement system variability**. Champaign: Human Kinetics, 2006.

K, D.; P, G.; D, A.; R, B. Movement systems as dynamical systems. **sports medicine**, v. 33, p. 245-260, 2003.

KAPLAN, H. I.; SADOCK, B. J.; GREBB, J. A. **Compêndio de psiquiatria, ciências do comportamento e psiquiatria clínica**. Porto Alegre: Artmed, 1997.

KOKUBUN, M.; SHINMYO, T.; OGITA, M.; MORITA, K.; FURUTA, M.; HAISHI, K.; OKUZUMI, H.; KOIKE, T. Comparison of postural control of children with Down syndrome and those with other forms of mental retardation. **Perceptual and Motor Skills**, Louisville, v. 84, p. 499-504, 1997.

LATASH, M. L. Motor Coordination in Down Syndrome: the role of adaptive changes. In: WEEKS, D. J.; CHUA, R.; ELLIOTT, D. (Eds.). **Perceptual Motor Behavior in Down Syndrome**. Champaign: Human Kinetics, 2000, p. 199-223.

LATASH, M. L.; ALMEIDA, G. L.; CORCOS, D. M. Preprogrammed reactions in individuals with Down syndrome: the effects of instruction and predictability of the perturbation. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v. 74, p. 391-399, 1993.

LATASH, M. L.; KANG, N.; PATTERSON, D. Finger coordination in persons with Down syndrome: atypical patterns of coordination and the effects of practice. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 146, p. 345-355, 2002.

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.; LEE, D. N. The autonomy of visual kinaesthesia. **Perception**, London, v. 2, p. 287-294, 1973.

MALINI, S. S.; RAMACHANDRA, N. B. Influence of advanced age of maternal grandmothers on Down syndrome. **BMC Med Genet**, London, v. 7, p. 4, 2006.

METCALFE, J. S.; CHEN, L. C.; CHANG, T. Y.; MCDOWELL, K.; JEKA, J. J.; CLARK, J. E. The temporal organization of posture changes during the first year of independent walking. **Experimental Brain Research**, v. 161, p. 405-416, 2005.

NASHNER, L. M. Analysis of stance posture in humans. In: TOWE, A. L.; LUSCHEI, E. S. (Eds.). **Motor coordination**. New York, NY: Plenum 1981, p. 527-565.

NOUGIER, V. N.; BARD, C.; FLEURY, M.; TEASDALE, N. Contribution of central and peripheral vision to the regulation of stance. **Gait & Posture**, Oxford, v. 5, p. 34-41, 1997.

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

PAULUS, W.; STRAUBE, A.; KRAFCHYK, S.; BRANDT, T. Differential effects of retinal target displacement, changing size and changing disparity in the control of anterior/posterior and lateral body sway. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 78, p. 243-252, 1989.

PAULUS, W. M.; STRAUBE, A.; BRANDT, T. Visual stabilization of posture: Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. **Brain : a journal of neurology**, London, v. 107, p. 1143-1163, 1984.

PEROTTI JÚNIOR, A. **Efeitos da informação verbal no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal**. 2006. Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PITETTI, K. H.; CLIMSTEIN, M.; MAYS, M. J.; BARRETT, P. J. Isokinetic arm and leg strength of adults with Down syndrome: a comparative study. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v. 73, p. 847-850, 1992.

POLASTRI, P. F.; BARELA, J. A. Perceptio-Action Coupling in infants with Down Syndrome: Effects of Experience and Praticce. **Adapted Physical Activity Quarterly**, Champaign, v. 22, p. 39-56, 2005.

PRIOLI, A. C.; FREITAS JUNIOR, P. B.; BARELA, J. A. Physical activity and postural control in the elderly: coupling between visual information and body sway. **Gerontology**, Basel, v. 51, p. 145-148, 2005.

PUESCHEL, S. **Síndrome de Down: guia para pais e educadores**. Campinas: Papyrus, 2000.

QUERNER, V.; KRAFCZYK, S.; DIETERICH, M.; BRANDT, T. Phobic postural vertigo: body sway during visually induced roll vection. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 143, p. 269 - 275, 2002.

ROBERTSON RINGENBACH, S. D.; CHUA, R.; MARAJ, B. K.; KAO, J. C.; WEEKS, D. J. Bimanual coordination dynamics in adults with Down syndrome. **Motor Control**, Champaign, v. 6, p. 388-407, 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**, Washington, v. 23, p. 528-545, 1997.

SCHÖNER, G. Dynamics theory of action-perception patterns: the "moving room" paradigm. **Biological Cybernetics**, Berlin, v. 64, p. 455-462, 1991.

SCHWARTZMAN, J. S. **Síndrome de Down**. São Paulo: Memmon, 1999.

SHERRIL, C. **Adapted physical activity, recreation and sport**. Columbia: WCB/Mac Graw-Hill, 1998.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Dynamics of postural control in child with Down syndrome. **Physical Therapy**, Alexandria, v. 65, p. 1315-1322, 1985.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. **Controle Motor: teoria e aplicações práticas**. São Paulo: Manole, 2003.

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

SPANÒ, M.; MERCURI, E.; RANDÒ, T.; PANTÒ, T.; GAGLIANO, A.; HENDERSON, S.; GUZZETTA, F. Motor and perceptual-motor competence in children with Down syndrome: variation in performance with age. **European Journal of Paediatric Neurology**, London, v. 3, p. 7-13, 1999.

TOLEDO, D. R.; RINALDI, N. M.; BARELA, J. A. Controle postural em crianças: Efeito da manipulação da informação visual discreta. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 1, p. 82-88, 2006.

ULRICH, B. D.; ULRICH, D. A.; ANGULO-KINZLER, R.; CHAPMAN, D. D. Sensitivity of infants with and without down syndrome to intrinsic dynamics. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, v. 68, p. 10-19, 1997.

VIEREGGE, P.; SCHULZE-RAVA, H.; WESSEL, K. Quantification of postural sway in adult Down's syndrome. **Developmental Brain Dysfunction**, v. 9, p. 211-214, 1996.

VIRJI-BABUL, N.; BROWN, M. Stepping over obstacles: anticipatory modifications in children with and without Down syndrome. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 159, p. 487-490, 2004.

VUILLERME, N.; MARIN, L.; DEBÚ, B. Assessment of static Postural Control in Teenagers With Down Syndrome. **Adapted Physical Activity Quarterly**, Champaign, v. 18, p. 417-433, 2001.

WADE, M. G.; EMMERIK, R. E. A.; KERNOZEK, T. W. Atypical Dynamics of Motor Behavior in Down Syndrome. In: WEEKS, D. J.; CHUA, R.; ELLIOTT, D. (Eds.). **Perceptual Motor Behavior in Down Syndrome**. Champaign: Human Kinetics, 2000, p. 277-303.

WADE, M. G.; LINDQUIST, R.; TAYLOR, J. R.; TREAT-JACOBSON, D. Optical flow, spatial orientation, and the control of posture in the elderly. **Journal of Gerontology**, Washington, v. 50B, p. 51-58, 1995.

WEBBER, A.; VIRJI-BABUL, N.; EDWARDS, R.; LESPERANCE, M. Stiffness and postural stability in adults with Down syndrome. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 155, p. 450-458, 2004.

WINNICK, J. P. **Adapted Physical Education and Sport**. Champaign: Human Kinetics, 2000.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa (IB-UNESP/RC)

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Rio Claro
Seção Técnica Acadêmica
Comitê de Ética em Pesquisa



Rio Claro, 22 de março de 2006.

Ofício CEP 018/2006

Prezado Senhor,

Informo que em reunião realizada em **21.03.2006**, o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Rio Claro (CEP-IB-UNESP), aprovou o projeto de pesquisa intitulado “**Acoplamento entre informação sensorial e ação motora em portadores de Síndrome de Down**”, sob sua responsabilidade, protocolo 7407, datado de 18/11/2005 e, tendo como orientador o Prof. Dr. José Angelo Barela.

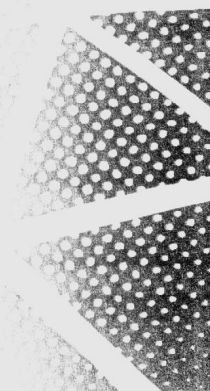
Atenciosamente,



Profa. Dra. **Rosa Maria Feteiro Cavaleri**
Coordenadora do Comitê

Ilmo. Sr.
MATHEUS MACHADO GOMES
Avenida 8-A, 730
13506-760 Rio Claro - SP

Instituto de Biociências
Avenida 24-A nº 1515 - CEP 13506-900 – Rio Claro - S.P. - Brasil
tel 19 3526-4105 - fax 19 3534-0009 - <http://www.rc.unesp.br>



APÊNDICE A – Termo de Consentimento**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96)

I- Dados de Identificação do Indivíduo ou Responsável Legal:

- 1, Nome: _____
 Documento de Identidade nº: _____ Sexo: _____
 Data de Nascimento: ____/____/____
 Endereço: _____
 Bairro: _____ Cidade: _____
 CEP: _____ Fone: (____) _____
- 2, Responsável Legal: _____
 Natureza (Grau de parentesco, tutor, curador): _____
 Documento de Identidade nº: _____ Sexo: _____
 Data de Nascimento: ____/____/____
 Endereço: _____
 Bairro: _____ Cidade: _____
 CEP: _____ Fone: (____) _____

II- Dados sobre a Pesquisa Científica:

- 1, Título do Projeto: Acoplamento entre informação sensorial e ação motora em adultos com síndrome de Down
- 2, Pesquisador Responsável: Matheus Machado Gomes
 Cargo / Função: Mestrando em Ciências da Motricidade
 Instituição: UNESP – Instituto de Biociências Deptº: Educação Física
 Endereço: Avenida 24 A, 1515 Bairro: Bela Vista
 CEP: 13506-900 Fone: (19) 3526-4312

O objetivo deste estudo é verificar o controle da postura em adultos com e sem síndrome de Down.

Neste projeto o participante fará uma visita ao LEM (Laboratório para estudos do movimento) onde ficará em pé, dentro de uma sala e olhando para um alvo fixado na parede do fundo desta sala. A tarefa será a de permanecer nesta situação o mais estático possível durante 30 ou 60 segundos (dependendo do experimento). O participante realizará aproximadamente 18 tentativas e com isso a duração total do experimento será de aproximadamente 20 minutos, porém poderá descansar entre as tentativas de acordo com suas necessidades.

Mesmo não havendo qualquer risco decorrente da participação neste projeto, durante todo o experimento, uma pessoa permanecerá próxima ao participante para eventual auxílio. Além disso, a qualquer momento o participante poderá pedir para interromper a participação no experimento sem que isso lhe acarrete qualquer prejuízo ou penalização.

O interesse neste trabalho é o de reunir conhecimentos que ajudem a entender o comportamento motor de pessoas com síndrome de Down, sendo assim, a participação neste projeto não proporcionará qualquer compensação financeira ao participante.

Finalmente, todas as informações coletadas neste estudo serão confidenciais e o nome do participante não será divulgado em momento algum. Ainda, toda e qualquer informação será utilizada somente para fins acadêmicos.

DECLARO que, após ter sido devidamente esclarecido(a) pelo (a) pesquisador(a), consinto em participar (a participação de: _____) no projeto de pesquisa em questão.

DECLARO, ainda, que recebi cópia do presente Termo.

_____ de _____ de _____

assinatura do indivíduo ou responsável legal

assinatura do pesquisador

Orientador: José Angelo Barela

Assinatura _____

APÊNDICE B – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação (AMO) e frequência mediana de oscilação (Fmed) nas direções ântero-posterior (ap) e médio-lateral (ml) dos grupos SD e NN nas tentativas em que a sala não foi movimentada.

Grupo SD				
Participante	AMO_ap	AMO_ml	Fmed_ap	Fmed_ml
1	0,335	0,078	0,269	0,342
2	0,290	0,089	0,146	0,244
3	0,249	0,165	0,220	0,269
4	0,229	0,140	0,220	0,269
5	0,259	0,189	0,220	0,269
6	0,342	0,176	0,244	0,342
7	0,156	0,194	0,244	0,293
8	0,274	0,181	0,195	0,146
9	0,261	0,328	0,342	0,122
10	0,260	0,156	0,269	0,220
11	0,165	0,205	0,244	0,195
12	0,187	0,044	0,244	0,269
13	0,311	0,159	0,146	0,195
14	0,204	0,087	0,195	0,244
15	0,199	0,130	0,195	0,293
16	0,344	0,344	0,244	0,122
17	0,107	0,028	0,244	0,317
18	0,169	0,114	0,146	0,146
19	0,186	0,143	0,244	0,220
20	0,260	0,068	0,171	0,146
Média	0,239	0,151	0,222	0,233
DP	0,067	0,081	0,048	0,070

Tentativas Sem Movimento Da Sala

		Grupo NN				
		Participante	AMO_ap	AMO_ml	Fmed_ap	Fmed_ml
Tentativas Sem Movimento Da Sala		1	0,130	0,069	0,220	0,244
		2	0,184	0,091	0,171	0,269
		3	0,150	0,091	0,146	0,220
		4	0,081	0,029	0,171	0,146
		5	0,212	0,061	0,269	0,244
		6	0,146	0,060	0,146	0,171
		7	0,119	0,039	0,146	0,244
		8	0,114	0,035	0,146	0,195
		9	0,087	0,029	0,195	0,195
		10	0,265	0,129	0,195	0,244
		11	0,187	0,069	0,146	0,171
		12	0,117	0,046	0,146	0,171
		13	0,168	0,107	0,122	0,220
		14	0,158	0,054	0,171	0,195
		15	0,100	0,048	0,171	0,195
		16	0,164	0,064	0,098	0,171
		17	0,110	0,059	0,122	0,220
		18	0,157	0,061	0,122	0,269
		19	0,166	0,088	0,146	0,171
		20	0,186	0,058	0,122	0,122
	Média	0,150	0,064	0,159	0,204	
	DP	0,045	0,026	0,039	0,041	

APÊNDICE C – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação (AMO), frequência média de oscilação (FM), ganho, fase, amplitude de oscilação na frequência de estímulo (AF) e variabilidade (VAR) dos grupos SD e NN nas tentativas em que a sala foi movimentada de forma contínua na frequência de 0,1 Hz.

Grupo SD							
Participante	AMO	FM	Ganho	Fase	AF	VAR	
1	0,498	0,110	0,377	17,885	0,377	0,470	
2	0,633	0,114	0,405	20,178	0,405	0,603	
3	0,417	0,105	0,310	38,083	0,310	0,385	
4	0,539	0,102	0,437	16,567	0,437	0,478	
5	0,392	0,102	0,365	43,624	0,365	0,368	
6	0,521	0,101	0,439	23,656	0,439	0,454	
7	0,533	0,109	0,538	26,006	0,538	0,435	
8	0,787	0,111	0,689	17,866	0,689	0,695	
9	0,450	0,106	0,409	56,064	0,409	0,440	
10	0,633	0,136	0,298	60,573	0,298	0,630	
11	0,463	0,100	0,373	42,096	0,373	0,436	
12	0,320	0,144	0,229	41,255	0,229	0,306	
13	0,922	0,088	0,718	33,860	0,718	0,832	
14	0,532	0,101	0,494	45,860	0,494	0,478	
15	0,446	0,105	0,428	16,529	0,428	0,367	
16	0,620	0,124	0,544	39,191	0,544	0,592	
17	0,430	0,104	0,373	28,223	0,373	0,371	
18	0,679	0,098	0,600	36,401	0,600	0,562	
19	0,362	0,107	0,336	23,962	0,336	0,318	
20	0,898	0,097	0,993	28,796	0,993	0,688	
	Média	0,554	0,108	0,468	32,834	0,468	0,495
	DP	0,167	0,013	0,177	13,016	0,177	0,140

Grupo NN						
Participante	AMO	FM	Ganho	Fase	AF	VAR
1	0,373	0,101	0,302	50,188	0,302	0,361
2	0,629	0,102	0,632	18,554	0,632	0,486
3	0,597	0,100	0,663	33,459	0,663	0,461
4	0,310	0,103	0,281	27,803	0,281	0,257
5	0,515	0,102	0,585	29,064	0,585	0,374
6	0,700	0,104	0,708	35,064	0,708	0,623
7	0,446	0,103	0,523	17,981	0,523	0,289
8	0,472	0,097	0,309	23,885	0,309	0,428
9	0,476	0,096	0,368	23,446	0,368	0,434
10	0,733	0,103	0,560	0,975	0,560	0,619
11	0,524	0,101	0,601	24,248	0,601	0,376
12	0,576	0,100	0,608	15,115	0,608	0,416
13	0,834	0,101	0,817	15,955	0,817	0,594
14	0,257	0,120	0,174	56,236	0,174	0,256
15	0,444	0,102	0,431	17,924	0,431	0,329
16	0,438	0,110	0,441	15,860	0,441	0,354
17	0,528	0,104	0,597	33,764	0,597	0,414
18	0,759	0,103	0,725	16,567	0,725	0,609
19	0,828	0,101	0,823	23,599	0,823	0,638
20	0,962	0,102	1,048	16,452	1,048	0,609
Média	0,570	0,103	0,560	24,807	0,560	0,446
DP	0,185	0,005	0,214	12,597	0,214	0,128

Contínuo 0,1 Hz

APÊNDICE D – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação (AMO), frequência média de oscilação (FM), ganho, fase, amplitude de oscilação na frequência de estímulo (AF) e variabilidade (VAR) dos grupos SD e NN nas tentativas em que a sala foi movimentada de forma contínua na frequência de 0,2 Hz.

		Grupo SD						
		Participante	AMO	FM	Ganho	Fase	AF	VAR
Contínuo 0,2 Hz	1	0,549	0,215	0,809	8,312	0,405	0,503	
	2	0,481	0,228	0,449	-2,064	0,224	0,468	
	3	0,348	0,216	0,471	12,688	0,236	0,308	
	4	0,532	0,217	0,711	-7,567	0,356	0,500	
	5	0,388	0,209	0,622	16,949	0,311	0,334	
	6	0,442	0,185	0,475	-23,522	0,237	0,432	
	7	0,499	0,199	0,943	5,159	0,472	0,386	
	8	0,782	0,201	1,190	-9,459	0,595	0,710	
	9	0,434	0,232	0,595	3,287	0,297	0,394	
	10	0,742	0,183	0,843	-54,669	0,421	0,736	
	11	0,393	0,207	0,570	15,459	0,285	0,359	
	12	0,389	0,246	0,515	19,510	0,258	0,356	
	13	0,721	0,204	0,725	-11,159	0,363	0,683	
	14	0,438	0,203	0,805	-5,255	0,403	0,342	
	15	0,430	0,193	0,704	-6,172	0,352	0,363	
	16	0,484	0,223	0,563	20,599	0,282	0,451	
	17	0,223	0,213	0,424	1,987	0,212	0,170	
	18	0,607	0,202	0,830	-6,115	0,415	0,532	
	19	0,352	0,198	0,420	10,261	0,210	0,337	
	20	0,747	0,202	1,243	-26,006	0,622	0,645	
	Média	0,499	0,209	0,695	-1,889	0,348	0,450	
	DP	0,152	0,015	0,237	18,113	0,118	0,149	

Grupo NN						
Participante	AMO	FM	Ganho	Fase	AF	VAR
1	0,346	0,222	0,500	8,981	0,250	0,308
2	0,515	0,201	1,036	-9,650	0,518	0,357
3	0,565	0,202	1,137	-2,389	0,568	0,389
4	0,459	0,193	0,519	1,720	0,260	0,420
5	0,477	0,201	0,922	6,019	0,461	0,351
6	0,475	0,203	0,943	-3,268	0,472	0,342
7	0,400	0,201	0,797	-3,994	0,398	0,286
8	0,340	0,210	0,255	23,465	0,128	0,336
9	0,428	0,201	0,571	-13,299	0,285	0,380
10	0,432	0,207	0,700	-20,637	0,350	0,360
11	0,549	0,202	0,660	-8,885	0,330	0,504
12	0,359	0,205	0,641	-9,382	0,321	0,278
13	0,489	0,203	0,917	-4,471	0,459	0,355
14	0,304	0,221	0,304	20,150	0,152	0,297
15	0,326	0,201	0,628	-10,643	0,314	0,247
16	0,468	0,213	0,545	3,669	0,272	0,430
17	0,367	0,201	0,796	-9,153	0,398	0,242
18	0,485	0,202	0,721	-15,096	0,361	0,428
19	0,589	0,202	0,965	-9,172	0,482	0,487
20	0,618	0,202	1,316	-10,299	0,658	0,406
Média	0,449	0,204	0,744	-3,317	0,372	0,360
DP	0,091	0,007	0,268	11,240	0,134	0,072

Contínuo 0,2 Hz

APÊNDICE E – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação (AMO), frequência média de oscilação (FM), ganho, fase, amplitude de oscilação na frequência de estímulo (AF) e variabilidade (VAR) dos grupos SD e NN nas tentativas em que a sala foi movimentada de forma contínua na frequência de 0,5 Hz.

		Grupo SD						
		Participante	AMO	FM	Ganho	Fase	AF	VAR
Contínuo 0,5 Hz		1	0,416	0,422	0,795	-80,274	0,159	0,415
		2	0,664	0,415	0,767	-111,707	0,153	0,662
		3	0,386	0,470	0,965	-90,248	0,193	0,387
		4	0,454	0,382	0,593	-109,567	0,119	0,454
		5	0,336	0,427	0,568	-95,236	0,114	0,336
		6	0,570	0,407	0,418	-116,121	0,084	0,569
		7	0,458	0,483	0,912	-66,019	0,182	0,454
		8	0,758	0,382	0,907	-103,032	0,181	0,758
		9	0,555	0,485	0,860	-87,497	0,172	0,555
		10	0,788	0,454	0,585	-27,076	0,117	0,788
		11	0,433	0,463	0,775	-63,764	0,155	0,430
		12	0,450	0,375	0,475	-117,898	0,095	0,449
		13	0,936	0,432	0,925	-73,471	0,185	0,934
		14	0,333	0,467	0,892	-83,771	0,178	0,332
		15	0,346	0,458	0,833	-45,268	0,167	0,340
		16	0,534	0,472	1,292	-97,720	0,258	0,532
		17	0,205	0,476	0,550	-88,911	0,110	0,205
		18	0,480	0,420	0,652	4,166	0,130	0,480
		19	0,298	0,469	0,587	-61,529	0,117	0,295
		20	0,677	0,386	0,648	-114,344	0,130	0,675
	Média	0,504	0,437	0,750	-81,464	0,150	0,503	
	DP	0,184	0,037	0,208	31,642	0,042	0,184	

Grupo NN						
Participante	AMO	FM	Ganho	Fase	AF	VAR
1	0,276	0,443	0,645	-84,363	0,129	0,276
2	0,357	0,397	0,562	-119,331	0,112	0,355
3	0,606	0,470	1,063	-90,344	0,213	0,606
4	0,247	0,443	0,463	-102,344	0,093	0,246
5	0,402	0,485	1,148	-75,726	0,230	0,398
6	0,381	0,424	0,695	-80,561	0,139	0,380
7	0,235	0,501	0,802	-89,465	0,160	0,235
8	0,314	0,336	0,245	-63,611	0,049	0,314
9	0,283	0,467	0,463	-84,726	0,093	0,283
10	0,521	0,480	0,842	-106,261	0,168	0,521
11	0,399	0,465	0,763	-81,975	0,153	0,399
12	0,418	0,447	0,540	-103,376	0,108	0,418
13	0,543	0,492	1,143	-93,401	0,229	0,542
14	0,293	0,382	0,318	-97,013	0,064	0,293
15	0,337	0,447	0,457	-111,306	0,091	0,336
16	0,344	0,444	0,695	-69,439	0,139	0,343
17	0,337	0,486	1,030	-79,892	0,206	0,336
18	0,325	0,422	0,568	-84,000	0,114	0,325
19	0,562	0,477	1,030	-114,306	0,206	0,560
20	0,489	0,497	1,283	-67,643	0,257	0,478
Média	0,384	0,450	0,738	-89,954	0,148	0,382
DP	0,109	0,042	0,298	15,788	0,060	0,108

Contínuo 0,5 Hz

APÊNDICE F – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação antes (AMO_a) e após o movimento da sala (AMO_p), deslocamento corporal (DC), tempo de deslocamento (TD), coeficiente de correlação cruzada (CC) e diferença temporal (DF) dos grupos SD e NN nas tentativas em que a sala foi movimentada de forma discreta afastando do participante.

Grupo SD							
Participante	AMO_a	AMO_p	DC	TD	CC	DF	
1	0,223	0,382	1,730	1,950	0,664	0,010	
2	0,203	0,238	0,557	1,410	0,228	0,407	
3	0,261	0,348	0,471	1,423	0,230	0,643	
4	0,199	0,398	0,505	1,680	0,236	0,550	
5	0,193	0,294	0,489	1,863	0,544	0,610	
6	0,206	0,349	0,609	2,847	0,795	-0,463	
7	0,180	0,317	1,505	1,517	0,523	0,007	
8	0,196	0,638	1,569	1,653	0,167	0,517	
9	0,212	0,266	0,747	1,400	0,716	0,003	
10	0,423	0,739	1,368	1,370	0,318	0,123	
11	0,733	0,331	2,116	1,485	0,495	0,325	
12	0,207	0,214	0,777	1,707	0,394	0,247	
13	0,247	0,403	1,172	1,447	0,464	0,373	
14	0,122	0,190	1,092	1,580	0,603	0,347	
15	0,255	0,263	0,707	1,273	0,050	1,047	
16	0,274	0,360	1,537	1,767	0,727	0,007	
17	0,104	0,135	0,904	1,467	0,394	0,260	
18	0,293	0,346	1,519	1,920	0,585	0,297	
19	0,116	0,232	0,919	1,477	0,471	0,090	
20	0,432	0,521	1,068	1,940	0,409	0,147	
Média	0,254	0,348	1,068	1,659	0,451	0,277	
DP	0,141	0,146	0,478	0,347	0,203	0,318	

Discreto - Afastando

Grupo NN						
Participante	AMO_a	AMO_p	DC	TD	CC	DF
1	0,108	0,188	0,970	2,150	0,806	-0,030
2	0,065	0,195	1,037	1,425	0,321	0,510
3	0,222	0,230	1,580	1,733	0,301	0,093
4	0,108	0,111	0,907	1,873	0,555	0,250
5	0,154	0,214	0,845	1,630	0,300	0,453
6	0,093	0,202	1,106	2,133	0,512	0,053
7	0,050	0,100	0,847	1,987	0,527	0,010
8	0,165	0,118	0,435	1,510	0,380	0,613
9	0,106	0,327	0,904	2,120	0,351	0,477
10	0,114	0,208	0,707	2,097	0,346	0,700
11	0,129	0,178	0,568	1,773	0,173	0,687
12	0,091	0,153	1,254	2,217	0,762	0,010
13	0,130	0,194	1,259	2,553	0,480	0,183
14	0,073	0,222	0,212	1,733	0,309	0,210
15	0,082	0,098	0,383	1,240	0,498	0,340
16	0,112	0,243	0,817	1,953	0,810	0,010
17	0,106	0,152	1,235	1,647	0,655	0,027
18	0,053	0,242	1,284	1,937	0,367	0,150
19	0,238	0,185	1,296	2,073	0,462	0,340
20	0,084	0,164	2,051	1,913	0,543	0,027
Média	0,114	0,186	0,985	1,885	0,473	0,256
DP	0,050	0,056	0,429	0,307	0,179	0,244

Discreto - Afastando

APÊNDICE G – Média e desvio padrão dos valores de amplitude média de oscilação antes (AMO_a) e após o movimento da sala (AMO_p), deslocamento corporal (DC), tempo de deslocamento (TD), coeficiente de correlação cruzada (CC) e diferença temporal (DF) dos grupos SD e NN nas tentativas em que a sala foi movimentada de forma discreta aproximando do participante.

		Grupo SD					
Discreto - Aproximando	Participante	AMO_a	AMO_p	DC	TD	CC	DF
	1	0,143	0,330	0,948	1,773	0,406	0,327
	2	0,143	0,225	0,732	1,597	0,557	0,413
	3	0,335	0,285	1,263	1,777	0,369	0,173
	4	0,169	0,387	1,244	1,973	0,705	-0,043
	5	0,133	0,193	0,359	1,817	0,422	0,607
	6	0,119	0,294	0,876	1,520	0,847	-0,030
	7	0,299	0,386	1,117	1,730	0,172	0,813
	8	0,357	0,378	0,739	2,137	0,194	0,687
	9	0,125	0,212	0,748	1,550	0,345	0,443
	10	0,534	0,498	1,397	1,753	0,176	0,477
	11	0,162	0,314	0,595	1,433	0,450	0,280
	12	0,229	0,299	0,349	1,080	0,000	1,090
	13	0,262	0,349	0,961	1,573	0,575	0,370
	14	0,179	0,203	1,020	1,753	0,413	-0,080
	15	0,201	0,228	0,885	1,323	0,044	0,830
	16	0,181	0,334	1,308	1,743	0,359	0,357
	17	0,128	0,199	0,277	1,400	0,043	1,090
	18	0,112	0,244	0,690	1,767	0,523	0,287
	19	0,146	0,202	0,651	1,500	0,391	0,340
	20	0,182	0,552	1,457	2,343	0,393	0,250
	Média	0,207	0,306	0,881	1,677	0,369	0,434
	DP	0,105	0,100	0,348	0,282	0,219	0,336

Grupo NN						
Participante	AMO_a	AMO_p	DC	TD	CC	DF
1	0,079	0,156	0,333	1,113	0,309	0,283
2	0,138	0,267	0,597	1,567	0,603	0,397
3	0,103	0,209	1,537	1,920	0,618	0,010
4	0,070	0,133	0,837	2,050	0,791	0,010
5	0,152	0,224	0,964	1,557	0,304	0,133
6	0,104	0,203	0,693	1,553	0,226	0,510
7	0,083	0,135	0,466	1,530	0,123	0,367
8	0,075	0,238	0,223	1,663	0,429	0,800
9	0,177	0,181	0,888	2,710	0,830	-0,007
10	0,174	0,268	1,126	2,370	0,416	0,533
11	0,119	0,221	0,840	1,877	0,394	0,277
12	0,077	0,141	0,945	1,873	0,213	0,470
13	0,105	0,190	1,754	1,943	0,690	0,010
14	0,119	0,155	0,190	1,107	0,307	0,677
15	0,090	0,093	0,444	2,350	0,698	0,017
16	0,080	0,144	0,290	1,113	0,260	0,523
17	0,109	0,216	0,761	1,740	0,314	0,097
18	0,088	0,214	0,514	1,817	0,285	0,810
19	0,126	0,342	0,295	1,330	0,033	1,040
20	0,084	0,200	1,440	1,440	0,081	0,677
Média	0,108	0,197	0,757	1,731	0,396	0,382
DP	0,032	0,058	0,447	0,430	0,235	0,316

Discreto - Aproximando