

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - CAMPUS DE RIO CLARO**

**A ESTABILIDADE DO PULAR CORDA EM DIFERENTES
PADRÕES MOTORES DO SALTAR**

LUIZ HENRIQUE DA SILVA

**RIO CLARO
São Paulo-Brasil
Março - 2004**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - CAMPUS DE RIO CLARO**

**A ESTABILIDADE DO PULAR CORDA EM DIFERENTES PADRÕES
MOTORES DO SALTAR**

LUIZ HENRIQUE DA SILVA

Orientadora: Prof^a Dr^a ANA MARIA PELLEGRINI

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
São Paulo-Brasil
Março - 2004**

796.0132 Silva, Luiz Henrique da
S586e A estabilidade do pular corda em diferentes padrões do
saltar / Luiz Henrique da Silva. – Rio Claro : [s.n.], 2004
116 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Ana Maria Pellegrini

1. Capacidade motora. 2. Mudança de padrão. 3. Fase re-
lativa contínua. 4. Altura do salto. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa vencida na vida e chega o momento de desfrutar e agradecer após dois anos de obstáculos ultrapassados para se alcançar o objetivo almejado. Mas para tal feito, contei com a valiosa e inestimável ajuda de muitas pessoas queridas que, de forma direta ou indireta, auxiliaram para a conclusão deste trabalho. Consciente de que estas palavras não são suficientes para expressar a amplitude da minha gratidão, fica aqui o meu MUITO OBRIGADO! Em especial, agradeço...

A Prof^a Dr^a. Ana Maria Pellegrini pelos ensinamentos adquiridos ao longo da nossa convivência, profissionais e pessoais, pela perfeita postura profissional e caráter na orientação deste trabalho, os quais são responsáveis pelo imenso respeito que tenho pelo seu profissionalismo na área acadêmica. Obrigado pela amizade, confiança e apoio. MUITO OBRIGADO!

Aos membros da banca examinadora, Prof^o Dr^o Sérgio Augusto Cunha, Prof^o Dr^o Gustavo Maia de Souza, Prof^o Dr^o Sérgio Tosi Rodrigues, pelas relevantes sugestões para o desenvolvimento deste estudo.

A todos os funcionários do Departamento de Educação Física e da Biblioteca, que sempre estavam prontos e dispostos a ajudar e orientar.

A todos os docentes do programa de Pós-Graduação em Ciências da Motricidade Humana em especial a coordenadora do Programa de Pós-Graduação Prof^a Dr^a Lílían Tereza Bucken Gobbi pela amizade e pelos auxílios prestados.

Aos alunos dos cursos de graduação do Instituto de Biociências (UNESP – RC) pela participação voluntária no estudo.

Aos amigos do LABORDAM: Pedro, Ellen, Wellington, Bruno, Guru, Daniel, Sandra, Larissa, Janaína e, em especial, a companheira de todos os momentos, Flavia. Que Deus ilumine sempre os seu caminho permitindo a sua felicidade e sucesso, e espero que muitos tenham a oportunidade de ter o seu carinho e amizade, pois pessoas especiais como você é que nos fazem acreditar na amizade sincera e no companheirismo. Obrigado por tudo!!!

Aos amigos de outros laboratórios (LABIO, LEM, LEPLO e LAP) que muito nos auxiliaram e em especial: Fabiano, Tati Thomaz, Paulo, Fabinho, Tati Calve, Márcia, Daniela Godoy, Paulão e Ana Paula.

Aos amigos e sócios, Alexandre e Flávio, pelo apoio e paciência na abstinência em muitos momentos em nossa academia, obrigado!!!

Aos companheiros da minha república pela paciência nos momentos de estresse: Marcelo, Maurício, Felipe, Samurai, Lucas, Clayton e, em especial, ao meu eterno companheiro Rosinildo, valeu irmão!!!

A Família Tavares pelo inestimável apoio e carinho: Tavarão, Tereza, Roucheli e ao meu “irmão” Junior, amo todos vocês!!!

A minha namorada Thelma, pela paciência, carinho e incentivo. Obrigado por iluminar o meu caminho trazendo-me paz e harmonia nos momentos difíceis.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Carlos e Rose (em memória) que, apesar do pouco tempo de convivência que a vida nos proporcionou, me conceberam amor e carinho suficiente para que eu crescesse um homem feliz, amado e determinado. E, devido a esse laço de amor que nos une, tenho certeza de que eles estão compartilhando este momento de alegria e realização. E aos meus irmãos Ricardo, André e Paula, que, com seu amor e dedicação me auxiliaram a vencer a mais uma etapa da minha jornada.

RESUMO

Na execução do pular corda podemos identificar, comumente, dois padrões distintos de saltar, o salto com os pés tocando o solo alternadamente e o salto com os pés tocando o solo simultaneamente. Mas será que ambos possuem a mesma estabilidade em diferentes frequências de batida da corda? Será que estes padrões apresentam um mesmo comportamento frente a um aumento gradativo da frequência de batida da corda, até que se atinja a máxima velocidade possível? Com o intuito de responder a estes questionamentos, duas situações experimentais com o pular corda foram desenvolvidas com a participação voluntária de oito universitários do sexo masculino. Na Situação Experimental 1 (SE1) os participantes executaram o pular corda em duas diferentes condições (salto com apoio alternado e com apoio simultâneo dos pés), e em três diferentes frequências de batida da corda (1.5, 1.7 e 1.9 Hz). A corda era batida pelo próprio executante e a frequência era determinada por um metrônomo digital que emitia sinal sonoro. Na Situação Experimental 2 (SE2), os mesmos participantes executaram o pular corda iniciando em uma frequência lenta de batida da corda até que fosse alcançada a frequência mais rápida possível. As performances dos participantes, em ambos os experimentos, foram registradas por duas câmeras digitais para obtenção das imagens tridimensionais. Com o objetivo de obter os dados para a fase relativa contínua (FRC), altura do salto, frequência de batida da corda e intervalo temporal entre a perda do contato dos pés com o solo e passagem da corda sob os pés, foram fixadas marcas passivas na corda e nas articulações do tornozelo (maléolo lateral) e quadril (trocanter maior). Para análise

estatística foram empregadas Análises de Variância com medidas repetidas e quando necessário foi utilizado o teste a posteriori de Tukey HSD ($p < .05$). A média da FRC mostrou-se invariante entre as condições tanto na SE1 quanto na SE2, mas a variabilidade foi maior na condição com apoio alternado dos pés na SE1. Na SE2 todos os participantes apresentaram uma mudança de padrão, com sobre-saltos entre os ciclos para sem sobre-salto, em ambas as condições, sendo que esta mudança foi precedida por aumento da variabilidade da FRC. Tanto a média da altura do salto quanto a média do intervalo temporal foram maiores na condição com apoio simultâneo dos pés em ambas as situações experimentais. De modo geral, os resultados mostram diferenças entre os dois padrões, mas estas diferenças não foram captadas pela FRC. Dessa forma, os resultados nos levam a sugerir que o intervalo temporal entre o momento da perda do contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés parece captar melhor a relação entre a trajetória da corda e o salto no pular corda e pode ser considerada a variável coletiva para este tipo de habilidade motora que envolve sincronização do movimento corporal com o de um objeto.

Palavras-chave: pular corda, padrões motores, estabilidade, mudança de padrão, fase relativa contínua.

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 O ciclo percepção-ação e a coordenação dos movimentos.....	7
2.2 Sistemas dinâmicos e a estabilidade de padrões motores.....	12
2.3 O pular corda.....	22
3. OBJETIVOS.....	35
3.1 Objetivo Geral.....	35
3.2 Objetivos Específicos.....	35
4. HIPÓTESES.....	37
5. MÉTODO.....	39
5.1 Participantes.....	39
5.2 Materiais.....	39
5.3 Procedimentos.....	40
5.4 Tratamento dos dados.....	45
5.4.1 Captura, desentrelaçamento e sincronização de imagens.....	45
5.4.2 Medição.....	46
5.4.3 Calibração.....	46
5.4.4 Obtenção dos dados tridimensionais.....	47
5.4.5 Suavização.....	47
5.4.6 Obtenção da Frequência de Batida da Corda.....	48

5.4.7 Obtenção da Fase Relativa Contínua	48
5.4.8 Obtenção da altura máxima do salto.....	50
5.4.9 Obtenção do intervalo temporal.....	51
5.5 Análise estatística.....	52
7. RESULTADOS.....	54
7.1 Situação Experimental 1.....	54
7.1.1 Frequência Imposta x Frequência Real.....	54
7.1.2 Fase Relativa Contínua (FRC).....	55
7.1.3 Altura do Salto.....	57
7.1.4 Intervalo Temporal.....	57
7.2 Situação Experimental 2.....	58
7.2.1 Frequência de Batida da Corda.....	61
7.2.2 Fase Relativa Contínua (FRC).....	61
7.2.3 Altura do Salto.....	62
7.2.4 Intervalo Temporal.....	63
8. DISCUSSÃO	66
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
10. REFERÊNCIAS	85
ABSTRACT.....	93
ANEXO 1.....	95
ANEXO 2.....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação esquemática da condição experimental.....	41
Figura 2. Representação esquemática do calibrador utilizado para obtenção do sistema de referência.....	43
Figura 3 Na parte superior da figura temos o gráfico reapresentando o deslocamento vertical da corda e tornozelo durante uma seqüência no pular corda. Na parte inferior da figura está a FRC em graus desta mesma seqüência.....	50
Figura 4 Representação das medidas para calculo da altura do salto, sendo que H = altura do salto, X = altura máxima atingida na fase de vôo e y = distância da marca fixada no trocanter maior à superfície de contato com o participante na posição ereta.....	51
Figura 5. Representação esquemática do intervalo temporal entre a perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés do executante.....	52
Figura 6 Média e desvio padrão das frequências observadas na execução do pular corda pelos participantes e as frequências impostas pelo metrônomo na Situação Experimental 1.....	55
Figura 7. Média e desvio padrão da fase relativa contínua em cada uma das frequências na Situação Experimental 1.....	56
Figura 8. Média e desvio padrão da altura do salto em função da frequência na Situação Experimental 1.....	58

Figura 9	Frequência de batida da corda por participante na condição com apoio alternado dos pés na Situação Experimental 2.....	59
Figura 10.	Frequência de batida da corda por participante na condição com apoio simultâneo dos pés na Situação Experimental 2.....	60
Figura 11.	Média e desvio padrão da frequência de batida da corda nas quatro seqüências na Situação Experimental 2.....	62
Figura 12.	Desvio angular da Fase Relativa Contínua nas seqüências do escalonamento (scaling) na Situação Experimental 2.....	63
Figura 13.	Média e desvio padrão da altura dos saltos em função da seqüência na Situação Experimental 2.....	64
Figura 14.	Média e desvio padrão do intervalo temporal em função da seqüência na Situação Experimental 2.....	64

1. INTRODUÇÃO

O pular corda é uma habilidade motora bastante freqüente no repertório motor do ser humano, principalmente no período da infância onde as crianças brincam de pular corda com muita naturalidade e algumas vezes até mesmo com muita habilidade. Mas este ato motor não é privilégio apenas das crianças pois, além do caráter lúdico, o pular corda também está presente em programas de treinamento desportivo e nas aulas de educação física, podendo auxiliar na coordenação, agilidade e condicionamento do atleta (WEINECK, 1999). Nos Estados Unidos mais de três milhões de estudantes participam anualmente do programa de levantamento de fundos *"Jump Rope for Heart"* (PITTENGER et al., 2002) o que indica o quanto esta atividade é bem aceita pela população como um todo. Mas, apesar da grande popularidade do pular de corda entre as crianças, são poucos os estudos específicos com o pular corda encontrados na literatura.

Aparentemente, o pular corda é uma habilidade simples de ser executada, porém uma análise mais detalhada desta habilidade motora nos leva a afirmar que é uma habilidade relativamente complexa, pois exige uma estabilização postural tanto das extremidades superiores como inferiores e uma

antecipação do momento em que a corda irá tocar o solo para determinação do momento que a fase de vôo do salto deve ser iniciada para que a corda passe sob os pés. Além disso, os saltos precisam ser ajustados freqüentemente já que a trajetória da corda sofre pequenas mudanças de um ciclo a outro (BARRETO, 2000). Uma descrição um pouco mais detalhada pode nos mostrar que o ato de pular corda não é tão simples quanto aparenta ser e devido a esta aparente “simplicidade” não percebemos os benefícios proporcionados por esse ato motor no desenvolvimento da coordenação da parte inferior do corpo, no equilíbrio, na agilidade, no ritmo, na velocidade dos membros e na resistência muscular localizada (PITRELI; O’SHEA, 1989).

Na execução do pular corda podemos identificar dois padrões distintos de saltar, o salto com os dois pés tocando o solo simultaneamente e o salto com os pés alternados, ou seja, ora um pé toca o solo ora o outro (PITTINGER et al., 2002; SILVA et al., 2003; SILVA et al., 2003^a, 2003b). Estes dois padrões de saltar são comumente vistos nas execuções do pular, mas será que ambos possuem a mesma estabilidade em diferentes freqüências de batida da corda? Será que estes padrões apresentam um mesmo comportamento frente a um aumento gradativo da freqüência de batida da corda (*scaling frequency*)? Ainda não temos respostas a estes questionamentos com relação ao pular corda, mas a estabilidade em diferentes padrões de coordenação bimanual tem sido extensivamente investigada. O modelo teórico desenvolvido por Haken, Kelso e Bunz (1985) conhecido como modelo HKB, é um ponto de referência para os estudiosos na área do controle motor e ele se apóia nos experimentos de Kelso (1981, 1984), em que a estabilidade de diferentes padrões de movimento da coordenação bimanual

foram testados. O modelo HKB parte de uma descrição dos principais resultados de Kelso (1981, 1984) em termos de: transição de fase, flutuações críticas e o efeito da histereses. O modelo HKB mostra que quando o sistema está em um padrão instável e o parâmetro de controle é mudado, isto poderá levar o sistema para um padrão mais estável. O modelo HKB descreve como um sistema é levado para perto e longe das condições de equilíbrio por uma variável externa, o parâmetro de controle e como um padrão de coordenação emerge.

Para desenvolvimento do modelo HKB os autores manipularam o parâmetro de controle, ou seja, aumentavam de modo sistemático a frequência do movimento dos dedos. Para verificar a frequência de oscilação dos movimentos dos dedos indicadores no plano transversal, aos sujeitos foi requerido acompanhar a frequência de um metrônomo, sendo que a frequência inicial do metrônomo era de 1 Hz e após 15 ciclos completos a frequência era aumentada em 0.25 Hz, processo este que foi repetido até que a frequência de 3 Hz fosse atingida. O mesmo procedimento foi utilizado no sentido inverso. Esta manipulação da frequência é chamada de “scaling” e foi realizada com o intuito de verificar a estabilidade de diferentes padrões de movimentos, através dos valores da média e desvio padrão da fase relativa. Seguindo a mesma linha de raciocínio dos experimentos de Kelso (1981, 1984), também queremos verificar a estabilidade dos diferentes padrões de saltar no pular corda, e através do escalonamento da frequência de batida da corda (*scaling*) verificar o comportamento dos padrões frente às tais mudanças.

Neste estudo, a expressão saltar no pular corda se refere a habilidade motora saltar independente da corda. Quando a expressão pular

corda aparecer isoladamente, sem a palavra saltar, estaremos nos referindo ao conjunto salto e corda. Esta definição se fez necessária pois algumas variáveis do estudo analisam o saltar independente da corda.

O presente estudo teve como foco a estabilidade de diferentes padrões motores de saltar no pular corda em diferentes frequências, executado por universitários do sexo masculino. O conceito de estabilidade é central no estudo da dinâmica de coordenação do sistema. Segundo Newell e Corcos (1993), a estabilidade é um conceito difícil para ser definido, visto que uma única variável não seria suficiente para caracterizar a estabilidade de um sistema. Ainda estes autores colocam que, na literatura da engenharia, a estabilidade de um sistema é geralmente relatada em função da facilidade do sistema em se acomodar frente a perturbações. De acordo com Souza e Oliveira (2003), quando particularmente no estudo de sistemas biológicos, um sistema é estável quando sua resposta frente a uma perturbação permanece pequena com o decorrer do tempo. Este tipo de estabilidade é denominada de Estabilidade de Lyapunov (STROGATZ, 1994).

Quando um sistema perde a sua estabilidade frente a uma perturbação, entram em cena dois termos importantes da teoria da auto-organização em sistemas longe do equilíbrio: “transiton point” e “critical slowing down”. O primeiro diz respeito ao ponto de transição, ou seja, a um ponto crítico que o sistema atinge provocando uma mudança no seu padrão de coordenação. O segundo termo diz respeito ao tempo que o sistema leva para retornar a estabilidade após uma perturbação, sendo que quanto mais próximo do ponto crítico o sistema chegar maior será o tempo para o sistema retornar a estabilidade (KELSO, 1995). Segundo Temprado e colaboradores (2002), a

estabilidade e a perda da estabilidade dos estados de coordenação podem ser medidos pela flutuação da fase relativa.

A fase relativa é uma variável coletiva definida como a diferença de fase entre dois sinais oscilatórios, isto é, o ponto de adiantamento de um sinal em relação ao outro dentro de um ciclo. No pular corda a fase relativa é definida como o acoplamento espaço-temporal entre o ciclo do salto e o ciclo da corda, mais especificamente, a diferença espaço-temporal entre estes dois ciclos. A variabilidade da fase relativa indicará a estabilidade do padrão motor em questão, ou seja, nos estudos na coordenação bimanual quanto menor a variabilidade de fase relativa maior será a estabilidade (KELSO; SHOLZ, 1985; TEMPRADO et al, 2002; SCHONER et al., 1986). Além da fase relativa, outras variáveis (como a altura do salto e o intervalo temporal entre a perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés do executante) foram analisadas com o intuito de obtermos maiores informações para descrevermos o comportamento dos diferentes padrões motores de saltar no pular corda nas diferentes frequências impostas e no escalonamento (*scaling*). A descrição da estabilidade dos diferentes padrões de movimentos no pular corda em diferentes frequências de batida da corda, forneceram informações sobre o comportamento do sistema em um estado estável, cujos valores do parâmetro de controle permaneceram constantes, ou seja, a frequência de batida da corda não foi alterada. Dessa maneira tivemos referências dos valores do parâmetro de ordem (fase relativa contínua) do sistema em estados estáveis em diferentes frequências, ou seja, com diferentes valores do parâmetro de controle. Através do escalonamento (*scaling*) pudemos verificar qual padrão é mais estável quando a frequência de batida da corda se altera

durante a execução do movimento, ou seja, qual o grau de estabilidade do padrão frente as mudanças no parâmetro de controle. Esta variação dos valores do parâmetro de controle durante a execução da tarefa, pode levar o sistema a estados de instabilidades ou até levar o sistema a mudanças qualitativas no padrão de coordenação, ou seja, mudança de padrão. Esta fase de transição é caracterizada por uma abrupta mudança no valor da fase relativa, cujos valores são precedidos por um aumento da variabilidade da fase relativa (TEMPRADO et al, 2002). Em específico neste estudo, o pular corda se constitui num meio pelo qual podemos avançar em nossa compreensão sobre os mecanismos subjacentes à coordenação e controle motor, mais especificamente sobre a relação percepção-ação no comportamento motor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O ciclo percepção-ação e a coordenação dos movimentos

Durante a década de 70 a área de pesquisa do comportamento motor sofreu significativas mudanças devido às idéias do fisiologista russo Nikolai A. Bernstein e do psicólogo americano James J. Gibson. Estas idéias foram as principais causas da mudança paradigmática nas explicações teóricas sobre o fenômeno do comportamento motor (BARELA, 2001).

A principal contribuição de Bernstein (1967) foi a identificação de dois problemas na questão da execução e controle dos movimentos: o problema dos graus de liberdade e o da variabilidade condicionada ao contexto. Sobre o problema dos graus de liberdade, Bernstein (1967) questionou a visão de que o Sistema Nervoso Central seria o responsável direto pelo controle de todas as ações, através de comandos específicos para cada músculo ou unidade motora, pois desta forma o número de variáveis que necessitariam ser controladas de forma independente seria superior à capacidade de controle do sistema. Quanto ao problema da variabilidade condicionada ao contexto, de acordo com o fisiologista russo, a atividade muscular para a realização do movimento deve levar em consideração as

diferentes condições ambientais, ou seja, um movimento deve ser realizado em função do contexto em que a ação está ocorrendo.

De modo similar ao fisiologista russo, o psicólogo americano Gibson (1966,1979) teve grande influência nas mudanças durante a década de 70 com o estabelecimento do referencial teórico que dá suporte à “psicologia ecológica” ou “abordagem ecológica” com base na reciprocidade entre o animal e o ambiente. Dentro desta nova proposta, o homem deve ser compreendido levando-se em consideração o ambiente em que está inserido e, neste sentido, a percepção deve ser entendida a partir do estudo do animal dentro do conjunto de ofertas que o ambiente lhe proporciona e que ele pode usufruir (GIBSON, 1979; TURVEY et al., 1982).

Um outro aspecto importante é a questão de como a informação deve ser considerada já que o animal deve ser entendido em relação ao ambiente em que está inserido (GIBSON, 1979). A informação necessita ser considerada no contexto do animal, ou seja, precisa ser entendida no contexto de “*affordance*”. Segundo Michaels e Carello (1981), “*affordance*” é o que o ambiente oferece para o animal, sendo que estas informações vão especificar qual ação o animal deve realizar em determinado ambiente.

As idéias levantadas por Bernstein (1967) e Gibson (1979) contribuíram de forma decisiva para a formulação de novos pressupostos e explicações para a execução e coordenação dos movimentos diferentes das tradicionais, ou seja, tradicionalmente as explicações eram obtidas a partir de duas perspectivas: neuro-maturacional e perceptual cognitiva (BARELA, 1997). A perspectiva maturacional teve início nos trabalhos de Gesell (1954) e McGraw (1945). Dentro desta perspectiva, a aquisição de habilidades motoras

ocorre devido a maturação do Sistema Nervoso Central, ou seja, o Sistema Nervoso Central seria o responsável pela emergência e refinamento das habilidades motoras. A partir do pressuposto da aquisição de habilidades motoras baseadas no Sistema Nervoso Central, outras propostas foram surgindo, como o gerador central de padrão (FORSSBERG, 1985) e esquemas e programas motores (SCHMIDT, 1975), na tentativa de uma explicação deste processo. Já a perspectiva perceptual-cognitiva (BRUNER, 1973; CONNOLLY, 1970) foi baseada nos pressupostos da teoria do processamento de informação, que defende a idéia da necessidade de examinar os processos cognitivos, tais como: sensação, percepção, atenção, tomada de decisão, solução de problema e programação da resposta. Na perspectiva da Teoria do Processamento de Informação o comportamento é visto como resultado dos processos cognitivos e o cérebro é visto como um computador. Com o amadurecimento do Sistema Nervoso Central, os processos responsáveis pelo processamento de informação são aprimorados e programas motores mais elaborados são construídos (BARELA, 1997).

A partir dos novos pressupostos e explicações para a execução e coordenação dos movimentos (BERNSTEIN, 1967; GIBSON, 1979), qualquer teoria sobre controle e coordenação dos movimentos deveria assumir uma solução para o problema dos graus de liberdade e conter pressupostos e explicações capazes de responder às mudanças ocorridas na execução dos movimentos devido ao problema da variabilidade condicionada ao contexto. Por um lado, as idéias de Bernstein (1967) influenciaram o surgimento de uma abordagem para o estudo do comportamento motor com base nos princípios da teoria dos sistemas dinâmicos principalmente em decorrência do problema da

variabilidade condicionada ao contexto. Por outro lado, as idéias levantadas por Gibson (1966, 1979) reforçaram a necessidade de entender o homem dentro de um contexto cuja percepção e ação fazem parte de uma mesma entidade.

O problema dos graus de liberdade pode ser resolvido através de uma estratégia sensória motora segundo a qual o sistema de controle passa a coordenar os muitos músculos como uma unidade funcional, denominada estrutura coordenativa (BERNSTEIN, 1967). As estruturas coordenativas promovem a ativação integrada de ossos, músculos e articulações, facilitando o controle dos movimentos coordenados frente às inúmeras possibilidades de movimento que o organismo apresenta, os graus de liberdade (BERNSTEIN, 1967; KUGLER et al, 1980). Além de resolver o problema dos graus de liberdade, as estruturas coordenativas também podem contemplar o problema da variabilidade condicionada ao contexto pois as estruturas coordenativas são classificadas como estruturas dissipativas por trocarem energia com o meio ambiente. Dessa forma as estruturas coordenativas são sensíveis ao meio ambiente, apresentando comportamentos não lineares influenciados pelo meio no qual o movimento é realizado (BARELA, 2001).

O modelo proposto por Newell (1986) foi também de grande importância para a área de comportamento motor, sendo que, indiretamente, Newell (1986) englobou tantos os aspectos levantados por Bernstein (1967) quanto os levantados por Gibson (1979), no sentido de que movimentos coordenados e controlados são resultantes de um intrincado relacionamento entre vários componentes presentes no executor (organismo), no ambiente e no objetivo relacionado ao movimento desejado (tarefa). Neste modelo, Newell

(1986) propôs a noção de restrição na realização da ação motora. Estas restrições foram definidas como limites ou aspectos que dão forma ao movimento. Três categorias de restrições foram sugeridas:

- 1) restrições do organismo: incluem os aspectos inerentes ao próprio organismo como aspectos físicos, psicológicos e cognitivos. No decorrer do desenvolvimento humano, as restrições orgânicas sofrem grandes alterações, mudanças estas que ocorrem na estrutura e no funcionamento do sistema;
- 2) restrições do ambiente: estão presentes no ambiente em que o movimento está sendo executado. Estas restrições envolvem aspectos físicos e sócio-culturais. Elas podem ser representadas pela atuação da força da gravidade, pelo local em que a ação está ocorrendo, clima, iluminação, modalidades esportivas praticadas pela sociedade e situação econômica;
- 3) restrições da tarefa: se referem as características da ação motora propriamente dita. Estas restrições são muito importantes no processo de aquisição de atividades motoras, pois através de sua manipulação podemos facilitar determinados comportamentos durante a sua aquisição.

É importante que fique muito claro que todo e qualquer comportamento motor é resultado das relações entre os conjuntos das restrições (organismo, ambiente e tarefa). Caso ocorra qualquer mudança em alguma ou algumas restrições, essa mudança é capaz de alterar completamente o comportamento do sistema como um todo (NEWELL, 1986).

Segundo Newell (1986), o termo coordenação tem sido definido como uma descrição da seqüência dos movimentos que são realizados para alcance da meta da ação motora. Dessa maneira, o desenvolvimento da coordenação tem sido visto como sinônimo do desenvolvimento dos padrões fundamentais do movimento, pois com o desenvolvimento de novos padrões, novas formas surgirão para se alcançar uma meta e, conseqüentemente, novas formas de coordenação. Esta relação entre o desenvolvimento da coordenação e padrões fundamentais de movimento se torna mais evidente na infância porque é durante esse período que vários dos padrões posturais e de movimento aparecem.

2.2 Sistemas Dinâmicos e a estabilidade de padrões motores.

A abordagem dos Sistemas Dinâmicos para análise do comportamento motor está voltada para a identificação dos princípios da coordenação motora, mais especificamente à formação de padrões. Um conceito importante dentro desta abordagem refere-se a estabilidade e instabilidade de tais padrões, bem como a transição de um padrão a outro ao longo do tempo (KELSO, 1995; THELEN; SMITH, 1994). No presente estudo utilizamos muitos dos conceitos de estabilidade e instabilidade de padrões pois procuramos identificar a estabilidade no pular corda em diferentes padrões de saltar, bem como uma possível mudança desses padrões frente à mudança nas restrições da tarefa. Com o objetivo de verificar a estabilidade de diferentes padrões de saltar no pular corda em diferentes frequências, bem como analisar a estabilidade de tais padrões frente ao escalonamento da frequência (scaling),

manipulamos as restrições da tarefa controlando a frequência de batida da corda e determinando o padrão de salto utilizado.

Sistemas Dinâmicos são sistemas nos quais pelo menos uma de suas variáveis de estado depende do tempo. Um sistema dinâmico pode ser não-linear e aberto (como por exemplo, o pular corda) ou linear e fechado (como o sistema massa-mola). Iremos detalhar somente o primeiro pois é o foco do presente estudo.. Um sistema dinâmico não linear é aquele no qual a dependência do tempo é não-linear, ou seja, a relação de suas variáveis de estado com o tempo não são proporcionais e, dizemos que um sistema é aberto quando ele influencia e é influenciado pelo meio-ambiente, isto significa que os sistemas abertos interagem com o meio-ambiente. Uma importante característica desta interação é a constante troca de energia e informação com o meio externo (BARELA, 1997; BRESCIANI; D'OTTAVIANO, 2003). As influências que o sistema sofre decorrentes das atividades de elementos externos nesta relação de troca com o meio, podem ser caracterizadas como ruído ou perturbação. A introdução desses ruídos no sistema pode contribuir, de algum modo, para a ocorrência do fenômeno da auto-organização (ATLAN, 1992).

Segundo Pellegrini (1996), auto-organização pode ser entendida como a capacidade que a matéria física possui de formar espontaneamente padrões, sendo que os componentes originais interagem para produzir uma organização não contida ou não aparente nas unidades individuais. Para Debrun (1996), a transformação e/ou criação de uma organização é a principal característica da auto-organização que decorre da atividade autônoma e espontânea dos elementos do sistema.

Bresciani e D'Ottaviano (2003) sugerem que a mudança de estado está associada a duas características do sistema:

1. característica de regulação: que diz respeito à manutenção do estado de equilíbrio do sistema;
2. característica de adaptação: a qual garante a manutenção da existência do sistema através da mudança de um estado atual para um novo estado de equilíbrio.

Essas características podem co-existir no sistema, surgindo a partir das relações dinâmicas do sistema com o seu meio-ambiente e mantendo a existência do sistema em equilíbrio com o meio.

No pular corda podemos considerar o indivíduo como um sistema aberto que está interagindo com o meio, em específico a corda, e esta relação se altera já que a corda sofre pequenas alterações no seu percurso e periodicidade. Estas alterações ao longo dos ciclos poderiam ser vistas como ruídos. Assim, a introdução de ruídos no sistema pode levá-lo a estados mais estáveis, através de processos auto-organizados, como também à total desestabilização do mesmo, como, por exemplo, quando a frequência de batida da corda é aumentada de certa forma que o indivíduo não consegue mais saltar sem interromper a trajetória da corda.

Nos clássicos experimentos de Kelso (1981, 1984) os participantes foram instruídos a mover ritmicamente seus dedos, sendo que a frequência de oscilação era variada e, segundo o autor, esta frequência de oscilação corresponde ao parâmetro de controle. Dentro do contexto dos sistemas dinâmicos, classificamos neste estudo a frequência de batida da corda como parâmetro do controle, pois é ela quem determina a frequência de

oscilação do movimento e, além disso, mudanças nos seus valores podem levar o sistema a adquirir um novo estado, mas os parâmetros de controle não predeterminam este estado (KELSO; SCHÖNER, 1988). As mudanças nos modos coordenativos ocorrem quando os parâmetros de controle geram um ponto crítico para o sistema e levam à emergência de um novo padrão (SCHOLZ; KELSO, 1989). Este ponto crítico é caracterizado pelo aumento da instabilidade do sistema, que pode ser provocado por uma perturbação. Em estudo realizado por Wallenstein e colaboradores (1995) foi observada mudança de um modo de coordenação sincopado para um modo de coordenação sincronizado, com movimentos de flexão do dedo indicador, quando a frequência de oscilação do movimento era aumentada. Esta mudança era caracterizada por uma abrupta mudança no valor da fase relativa, sendo precedida por um aumento na variabilidade (aumento no valor do desvio padrão). Este aumento da variabilidade atinge um ponto crítico obrigando o sistema a buscar uma nova forma de coordenação para continuar executando a tarefa. Segundo Temprado et al. (2002), fase de transição é caracterizada por uma abrupta mudança no valor da fase relativa, seguida por uma estabilização em um específico padrão de coordenação. Nesta fase também ocorre um aumento no valor do desvio padrão da fase relativa, mas ocorrendo retorno a valores mais baixos após a estabilização do novo padrão de coordenação.

No presente estudo, a frequência de batida da corda foi manipulada de duas maneiras. Em um primeiro momento, o desenho experimental permitiu descrever o comportamento de diferentes padrões de saltar no pular corda em diferentes frequências de batida da corda, sendo esta frequência determinada externamente por um metrônomo digital. Nesta

primeira situação experimental descrevemos o comportamento do sistema em um padrão estável de saltar (alternado ou simultâneo) em três frequências de batida da corda com o objetivo de obtermos parâmetros para comparação com o comportamento do sistema frente as perturbações impostas na segunda situação experimental. Dessa maneira, em um segundo momento, tivemos como objetivo testar a estabilidade dos padrões motores de saltar no pular corda frente a mudanças na frequência de batida da corda durante a execução da tarefa, de modo que manipulando o parâmetro de controle levamos o sistema a um alto grau de instabilidade, com a total desestabilização do sistema, ou seja, o indivíduo errar o salto. Essa forma de manipulação da frequência em que há um aumento gradual da mesma, é denominada de escalonamento (*scaling*) (HAKEN et al., 1985; KELSO et al., 1986).

Segundo Kelso (1981, 1984) o ser humano apresenta espontaneamente dois padrões estáveis de coordenação bimanual: *"in-phase"* (quando músculos homólogos são ativados simultaneamente nos dois membros) e *"anti-phase"* (quando os músculos homólogos são ativados de forma alternada). Haken, Kelso e Bunz (1985), desenvolveram um modelo teórico, baseado nos resultados dos estudos de Kelso (1981, 1984), que ficou conhecido como modelo HKB. Para o desenvolvimento do modelo HKB, os pesquisadores realizaram um experimento utilizando o *"scaling"*. Neste experimento, a tentativa era iniciada com um metrônomo emitindo o sinal sonoro a uma frequência de 1 Hz. Após 15 ciclos a frequência era aumentada em 0.25 Hz, até que uma frequência de 3 Hz era alcançada. O *"scaling"* era iniciado ora com o padrão *"in-phase"* ora com o padrão *"anti-phase"*. Os resultados mostraram que quando os sujeitos iniciavam os movimentos no

padrão “*in-phase*”, os mesmos eram capazes de permanecer neste padrão com o aumento da frequência, mas diferentes resultados aconteceram quando os sujeitos iniciavam no padrão “*anti-phase*”. Em frequências lentas os sujeitos tinham dificuldades em manter o padrão (alto valor do desvio padrão). Na frequência crítica, diferente para cada sujeito, eles eram incapazes de continuar realizando a “*anti-phase*” e passavam para o padrão “*in-phase*”.

Assim como nos estudos de Haken et al. (1985), Kelso (1981, 1984), e Kelso e colaboradores (1986), Wallenstein, Kelso e Bressler (1995) também usava o escalonamento da frequência (*scaling frequency*). Neste experimento os participantes (n=6) eram requeridos a sincopar o pico de flexão do dedo da mão direita com o estímulo auditivo repetitivo, que aumentava a frequência de apresentação do estímulo em 0.25Hz a cada dez ciclos, partindo de uma frequência inicial de 1Hz, até que fosse atingida a frequência de 3 Hz (condição sincopado). Neste modelo experimental o autor define dois termos, “*plateau*” e “*run*”. O primeiro corresponde à série de dez ciclos em que a frequência de oscilação permanece constante e o segundo corresponde à série total, de 1 a 3Hz . Em uma condição controle (sincronizado) os sujeitos foram requeridos a sincronizar o pico de flexão com o estímulo auditivo. Ambas as condições consistiam de sessenta “*runs*” e o experimento realizado em dois dias separados.

Wallenstein et al. (1995) seguiram o paradigma experimental no qual os sujeitos são requeridos a manter um padrão sincopado com o estímulo (1:1), mudanças espontâneas ocorrem em uma frequência crítica para um padrão mais estável, o modo sincronizado. Esta transição de comportamento, de sincopado para sincronizado, é acompanhada por uma mudança de

aproximadamente 180 graus na fase relativa entre os sinais cerebrais e o movimento, sendo que estes sinais são da região parieto-temporal no hemisfério esquerdo. Os resultados deste experimento mostraram que a transição do modo de coordenação sincopado para sincronizado foi observado em todos os sujeitos, mas não houve transição do modo de coordenação quando a tarefa era iniciada no padrão sincronizado, embora houvesse uma tendência de aumentar o valor da fase relativa no final da seqüência. O ciclo no qual ocorreu a transição variou de sujeito para sujeito.

Kelso et al. (1986) também utilizaram a manipulação da frequência (*scaling*) para realizar um estudo com os movimentos dos punhos e dedos em dois padrões de coordenação de movimento, “*in-phase*” e “*anti-phase*”. Os autores realizaram dois tipos de experimentos. No experimento com os movimentos dos dedos, a frequência de oscilação era aumentada sistematicamente em 0.25Hz através do controle de um metrônomo. Já no experimento com os punhos, o parâmetro de controle (frequência de oscilação) não era precisamente controlado, ou seja, a cada 3 ou 4 segundos o participante era instruído pelo experimentador a aumentar um pouco a frequência. Com bases neste modelo desenvolvemos o protocolo experimental do presente estudo, o qual será minuciosamente detalhado no capítulo referente aos métodos e procedimentos.

Assim como observado nos estudos que abordam a estabilidade e transição de padrões (HAKEN et al., 1985; KELSO et al., 1986; WALLENSTEIN et al., 1995), acreditamos que os dois padrões de saltar no pular corda são estáveis (saltos com apoio simultâneo dos pés no solo e saltos com apoio alternado), mas que podem apresentar diferentes níveis de

estabilidades frente às diferentes frequências de batida da corda e comportamentos divergentes ao atingirem o ponto crítico de instabilidade provocado pelo “*scaling frequency*”, podendo haver a mudança de um padrão menos estável para um padrão mais estável de pular corda.

A estabilidade do pular corda será verificada através da variabilidade da fase relativa, definida no presente estudo como a diferença de fase entre dois sinais oscilatórios, isto é, o ponto de adiantamento de um sinal em relação ao outro dentro de um ciclo, mais especificamente, a diferença temporal entre estes dois ciclos. A variabilidade da fase relativa indicará a estabilidade do padrão motor em questão (KELSO; SHOLZ, 1985; SCHONER et al., 1986).

Meyer-Lindenberg et al. (2002), realizaram um experimento com o TMS (transcranial magnetic stimulation) com o intuito de explorar o relacionamento entre comportamentos estáveis e instáveis (em específico com movimentos da coordenação bimanual) e a reação para perturbações neurais. Neste estudo, os autores utilizam a fase relativa para identificar o padrão do movimento e o desvio padrão da fase relativa como medida de estabilidade. Para Monno et al. (2000), esta relação temporal, denominada de fase relativa, é a variável coletiva utilizada para quantificar a estabilidade do padrão de coordenação bimanual e a transição de um padrão de coordenação para outro. Da mesma forma como usado no estudo da coordenação bimanual, buscaremos no comportamento da fase relativa contínua, quantificar a estabilidade do padrão de coordenação no pular corda e a transição de um padrão para outro.

Dentro da linguagem dos sistemas dinâmicos, identificamos a fase relativa como o parâmetro de ordem (ou variável coletiva) do sistema. A abordagem dos sistemas dinâmicos sugere que os padrões coordenados podem ser caracterizados por um parâmetro de ordem, que é a variável que captura, no caso da coordenação bimanual, a redução dos graus de liberdade dos membros, caracterizando o relacionamento entre os movimentos dos membros (TEMPRADO et al., 2001). A fase relativa no pular corda caracteriza o relacionamento entre os dois ciclos oscilatórios na execução do pular corda, ou seja, os ciclos do salto e os da corda, que necessitam apresentar um acoplamento espaço-temporal que permita a execução da tarefa.

Como pudemos verificar, a utilização da fase relativa como parâmetro de ordem não é exclusividade dos estudos com o pular corda, pois em outras áreas de pesquisa (como por exemplo, na coordenação bimanual) onde existe um comportamento que é ditado pelo acoplamento de dois ciclos oscilatórios, a fase relativa também é utilizada como parâmetro de estabilidade. Mas esta variável, em termos de procedimentos experimentais e de análise, pode ser capturada de duas diferentes formas, contínua ou discreta. Segundo Kelso et al., (1986) a fase relativa discreta possui um problema metodológico, ou seja, o seu resultado produz relativamente um número pequeno de pontos (dados do fenômeno comportamental) dentro de cada segmento para a média temporal. A consequência deste fato pode trazer um ocultamento do fenômeno, pois não serão analisados todos os momentos do comportamento. Para aliviar este problema, estes autores realizaram um experimento mais refinado, fazendo o cálculo da fase relativa contínua, a qual calcula ponto a ponto a fase relativa entre os dois ciclos oscilatórios. Comparando os dois métodos de

análise em um mesmo conjunto de dados, Kelso et al. (1986) concluíram que a fase relativa contínua seria mais apropriada para analisar a fase de transição quando pesquisado a mudança de padrão nos estudos com coordenação bimanual. Baseados nos resultados destes autores utilizamos a fase relativa contínua, sendo que o cálculo desta variável será descrita no capítulo referente aos métodos e procedimentos.

Duas características são importantes no estudo da instabilidade do sistema: “*critical fluctuations*” e “*critical slowing down*” (KELSO, 1995; GALLISTEL, 1980). Quanto mais próximo o sistema chega de um ponto crítico, maiores são as instabilidades do comportamento e, quanto maiores essas instabilidades, maior é a tendência de ocorrer uma mudança no padrão do comportamento. As grandes flutuações nos valores das variáveis coletivas, que ocorrem à medida que o sistema aumenta sua instabilidade a ponto de buscar uma nova estabilidade, são chamadas de flutuações críticas. Quanto à “*critical slowing down*”, este fenômeno se refere à habilidade do sistema de se recuperar de uma perturbação conforme ele se aproxima de um ponto crítico, sendo que, quanto mais próximo ele chega do ponto crítico, maior será o tempo para a recuperação do estado anterior (KELSO, 1995; GALLISTEL, 1980). Essas duas características, as flutuações críticas e a “*critical slowing down*”, são observadas em sistemas com alto nível de instabilidade. No presente estudo tivemos como objetivo levar o sistema a altos níveis de instabilidade e dessa maneira acreditamos que os diferentes padrões de saltar no pular corda apresentarão o comportamento destas características de forma divergente, ou seja, acreditamos que os diferentes padrões de saltar no pular corda alcançarão um ponto crítico em diferentes frequências de batida da corda.

2.3 O pular corda

O pular corda é uma atividade que envolve um grande controle e coordenação dos movimentos, pois o indivíduo tem que realizar os saltos em função da trajetória da corda. Tendo em vista o gasto energético que esta atividade exige, o pular corda, além de possuir um caráter lúdico, principalmente na vida das crianças, faz parte do treinamento desportivo de muitas modalidades esportivas, promovendo o condicionamento físico do atleta. Devido a estas características, o pular corda tem sido estudado de diferentes pontos de vista em diversas áreas do conhecimento. Por exemplo, trabalhos relacionados aos aspectos fisiológicos e gastos energéticos são encontrados desde a década de 60 (KASCH, 1976; BAKER, 1968; FOSTER et al., 1960; JONES et al., 1962; TOWN et al., 1980).

Na área do comportamento motor, o pular corda é praticamente inexplorado. Entre os poucos estudos sobre o pular corda encontramos Barreto (2000), que afirma que durante esta ação motora o corpo desempenha um papel equivalente a um projétil, sujeito a todas as leis que norteiam esse tipo de movimento e a corda atua como um volante dinâmico de diversos tipos, sujeito a todas as leis que governam o movimento rotativo.

Para iniciar o ato de pular corda, o indivíduo deve antecipar-se ao movimento da corda quando ela se aproxima dos pés, coordenando a atividade muscular para realizar um salto vertical permitindo a passagem da corda sob os pés. Durante o pular corda podem ocorrer mudanças repentinas em várias direções, pois apesar do salto no pular corda possuir um componente predominante na direção vertical não devem ser menosprezados os pequenos

deslocamentos nas outras direções (antero-posterior e médio-lateral). Além disso, deve ocorrer uma estabilização postural (estática ou dinâmica) nas extremidades superiores e inferiores, e um constante deslocamento do peso corporal (BARRETO, 2000).

De acordo com Schmidt (1993), a organização temporal relativa (OTR) é a estrutura temporal da ação; ou seja, as durações de vários segmentos de uma ação divididas pelo tempo total de movimento. Embora a OTR seja considerada por vários autores como um parâmetro invariante do programa motor, não há um consenso na literatura sobre isto (LEE; REDDISH, 1981 apud BARRETO, 2000). A estabilidade da OTR no pular corda foi especificamente investigada por Barreto (2000) em duas condições experimentais: a) a corda sendo batida em uma mesma frequência; e b) a frequência de batida da corda sendo aumentada ou diminuída. Quatro fases do saltar no pular corda foram identificadas de modo a permitir apontar em que componentes do saltar os ajustamentos às diferentes frequências de batida de corda ocorreriam. Os resultados de Barreto (2000) indicaram que a duração absoluta de cada uma das quatro fases nas diferentes frequências são diferentes entre si. A OTR mostrou estar vinculada à situação experimental, ou seja, quanto maior a complexidade da tarefa, em específico neste estudo quanto maior a frequência, mais invariante se torna a OTR. Dessa maneira a OTR mostrou variância e invariância dependendo da situação experimental.

No trabalho desenvolvido por Barreto (2000), as quatro fases identificadas do salto no pular corda foram:

- fase 1 (de preparação): começa na primeira redução do ângulo interno formado pelos segmentos quadril Joelho e Joelho-tornozelo e termina antes do primeiro aumento angular formado por estes segmentos;
- fase 2 (de ação ou de carga): começa no primeiro aumento angular do ângulo interno formado pelos segmentos quadril Joelho e Joelho-tornozelo e termina no momento anterior a perda de contato com o solo;
- fase 3 (vôo): começa com a perda de contato com solo e termina no momento anterior ao restabelecimento do contato com o solo;
- fase 4: começa quando ocorre o restabelecimento de contato com o solo com posterior extensão do Joelho, e termina no momento anterior à redução angular do Joelho.

Em relação à duração da fase de vôo em diferentes frequências, os resultados do estudo de Barreto (2000) não apontaram diferenças na média da duração absoluta da fase de vôo entre as três frequências de batida da corda (lenta, média e rápida). Naquele estudo a corda era sempre batida por batedores externos.

Andrade e colaboradores (2001) analisaram o pular corda quando esta habilidade é executada com ou sem informação proprioceptiva, ou seja, quando a corda é batida pelo próprio executante ou por batedores externos, respectivamente. Neste estudo foi analisado o tempo de duração da fase de vôo e o resultado apontou não haver diferença entre as duas condições. Os resultados dos estudos citados acima (ANDRADE et al., 2001; BARRETO, 2000) sugerem que a duração da fase de vôo se mantém constante em diferentes frequências de batida da corda.

Segundo Hirata e colaboradores (2003), a duração da fase de vôo pode se alterar com a prática. Neste estudo foi verificado o efeito da prática na ação motora de pular corda de uma criança de cinco anos num delineamento de pré e pós-teste. Foram analisados a altura máxima atingida pelo pé e o tempo gasto para atingir esta altura. Os resultados apontaram que, após um total de 400 tentativas realizadas em quatro sessões de prática, ocorreu uma diminuição tanto na altura máxima atingida pelos pés quanto no tempo gasto para se atingir esta altura. Acreditamos que à medida que a altura do salto e a duração da fase de vôo são diminuídos como consequência da prática, haverá um menor gasto energético para execução da tarefa, pois é isto que se espera com a aquisição de uma habilidade motora (MAGILL, 1998; SCHMIDT, 1993).

Em estudo realizado por Carvalho (2003) foi investigado a altura do salto no pular corda em função da frequência de batida da corda (1.4, 1.6 e 1.8 Hz) e da informação sensorial disponível, ou seja, a corda batida pelo próprio executante e corda batida por batedores externos. Os resultados deste estudo mostraram que quando o pular corda é executado com a corda sendo controlada por batedores externos, tanto a média como o desvio padrão (medida de variabilidade) da altura dos saltos são significativamente maiores do que na condição com a corda sendo auto-controlada. O autor justifica este resultado como sendo consequência da informação da trajetória da corda via sistema háptico, que fornece ao executante informação do tipo feedforward, ou seja, antecipatória. Além disso, segundo o autor, a menor variabilidade apresentada quando a corda foi auto-controlada pode ser consequência desta ser a condição mais praticada pelos participantes, universitários adultos. Com relação a média da altura dos saltos entre as frequências, este estudo nos

mostra que a média foi menor na frequência mais alta (1.8 Hz) do que nas duas frequências mais lentas (1.4 e 1.6 Hz).

Pittenger et al. (2002) descreveram e compararam o padrão de força da reação vertical no solo durante o pular corda com um ou dois pés (alternado ou simultâneo) em crianças com média de idade de 10,8 anos e com dois anos de experiência com o pular corda. Neste experimento eles realizaram uma simulação do pular corda com um ou dois pés, para evitar a interferência da corda na plataforma de força. A frequência dos saltos era imposta externamente por um metrônomo a 84 batimentos por minuto (1.4 Hz). Para o cálculo da força vertical, os dados foram calibrados e normalizados em função do peso corporal. Os resultados indicaram um tempo da fase de vôo significativamente menor nos saltos com o apoio em apenas um pé (média = 118 ± 5 ms) do que com apoio com os dois pés (média = 194 ± 5 ms). Mas o contrário aconteceu com o tempo de contato do(s) pé(s) com o solo, sendo que os saltos com o apoio em apenas um pé obtiveram um maior tempo de contato com o solo (média = 566 ± 106 ms) do que os saltos com apoio nos dois pés (média = 491 ± 112 ms). Estes resultados mostram importantes diferenças nas características entre esses dois padrões de saltar no pular corda, que podem estar relacionadas com diferentes estabilidades dos padrões em diferentes frequências, ou seja, as características específicas de cada padrão podem levar a uma melhor performance de um padrão em uma determinada frequência do que outro.

A força de reação do solo em diferentes bases de suporte também foi objetivo no trabalho de Silva et al. (2003), onde em específico foi analisada a força vertical máxima durante a execução do pular corda em

diferentes bases de suporte (saltos com apoio alternado dos pés ou apoio simultâneo) de quatro indivíduos. Os resultados mostraram que a média de força aplicada no solo foi significativamente maior nos saltos com apoio simultâneo dos pés no solo do que nos saltos com apoio alternado. Já no estudo de Pittenger et. al. (2002), os resultados foram diferentes pois indicaram que o valor médio do pico de força era significativamente maior no salto com os pés tocando o solo alternadamente do que no salto com os pés tocando o solo simultaneamente. As diferenças nos resultados entre esses dois experimentos podem ter surgido devido a diferentes metodologias utilizadas pelos autores. No estudo de Silva et al (2003) os saltos com os pés tocando o solo simultaneamente eram executados com ambos os pés dentro da área da plataforma de força, ou seja, nesta condição era obtido um único valor da força vertical de ambos os pés deste padrão motor; enquanto que no estudo de Pittenger et. al. (2002), na execução deste mesmo padrão, o participante ficava apenas com o pé direito dentro da área da plataforma de força, de maneira que foi obtido apenas o valor da força vertical exercida pela perna direita neste padrão motor de saltar no pular corda. Independentemente dessas diferenças, o importante a ressaltar é que as diferentes características desses dois padrões de saltar no pular corda sugerem diferenças no gasto energético entre eles, com um padrão mais econômico, eficiente para determinada faixa etária ou para uma frequência específica de batida da corda.

O trabalho de Barreto (2000) foi um dos primeiros a manipular a frequência de batida da corda no pular corda. Para a determinação da magnitude das três frequências (rápida, média e lenta) foi realizado um estudo piloto. Após análise dos dados, as frequências de batida da corda ficaram

definidas da seguinte maneira: frequência rápida 1.25 Hz, frequência média 0.83 Hz e frequência lenta 0.63 Hz. Este trabalho serviu como parâmetro para outros experimentos que tinham em seu foco diferentes frequências de batida da corda no ato de pular corda. Posteriormente, Bueno et al. (2002) realizaram estudo para identificar a frequência de batida da corda quando jovens adultos executavam a habilidade do pular corda em uma frequência imposta, através de um metrônomo a 1.66 Hz, e em uma frequência preferida. Foram analisadas a duração total do ciclo, a fim de se identificar a frequência de execução do pular corda, e a variabilidade da duração do ciclo, expressa em termos de desvio padrão, que indica o grau de estabilidade do sistema. Os resultados indicaram que a frequência preferida do ato de pular corda de jovens adultos apresentou maior variabilidade do que a frequência de batida da corda quando esta mesma frequência é imposta. Estes resultados sugerem que a utilização de um metrônomo pode levar à execução do pular corda com menor variabilidade da frequência de batida da corda. Apesar deste procedimento auxiliar na menor variabilidade da frequência de batida da corda, em estudo realizado por Silva et al. (2002) verificou-se que quando a frequência de batida da corda é imposta externamente por um metrônomo, isto demanda um gasto atencional maior do que quando a frequência de batida da corda é escolhida pelo executante.

Quando a frequência de batida da corda é imposta por um metrônomo o executante necessita sincronizar seus movimentos com o sinal sonoro emitido pelo metrônomo e isto pode ser feito de dois modos: com o apoio dos pés no solo ou com o toque da corda no solo. Em estudo realizado por Silva et al. (2003b) foi verificado o comportamento da fase relativa discreta

do pular corda em diferentes padrões motores de saltar com diferentes modos de sincronização com um estímulo externo auditivo. Para isto 10 universitários ($275,7 \pm 37,03$ meses) pularam corda a uma frequência de 1.5 Hz determinada por um metrônomo. A tarefa consistia em pular a corda, sendo batida pelo próprio executante, tocando o solo ora com um pé ora com outro, sincronizando o “bip” do metrônomo com o toque da corda no solo (condição 1), ou com o toque dos pés no solo (condição 2); e pular corda tocando os pés simultaneamente no solo, sincronizando o “bip” do metrônomo com o toque da corda no solo (condição 3), ou com o toque dos pés no solo (condição 4). A média e o desvio padrão da fase relativa discreta foram calculados nas quatro condições experimentais e o desvio padrão foi utilizado como medida de estabilidade no pular corda. Os resultados da ANOVA para comparação das médias da fase relativa discreta alcançaram nível de significância no fator condição. O teste a posteriori Tukey revelou valores menores da média da fase relativa discreta nas Condições 1 e 2 em relação às Condições 3 e 4. Estes resultados sugerem que ao pular corda com os pés alternados, independentemente da sincronização utilizada, o executante consegue um menor intervalo de tempo entre o saltar e a passagem da corda sob os seus pés. Os resultados indicaram similar estabilidade do pular corda nas quatro condições empregadas. Estudos sobre a estabilidade do pular corda têm utilizado a fase relativa como uma variável coletiva e a frequência de batida da corda como parâmetro de controle (BUENO et al. 2003b; PELLEGRINI et al 2002; SILVA et al. 2002; SILVA et al 2003a, 2003b). Variáveis coletivas são variáveis que caracterizam o padrão motor e indicam o resultado do processo de interação dos componentes do sistema; parâmetros de controle são aquelas

variáveis ou componentes que levam o sistema a mudar de um estado para outro (TURVEY, 1990). Segundo Hiraga (1999), no estudo da coordenação bimanual a variabilidade da fase relativa (desvio angular), expressa a forma com que os indivíduos lidam com as informações internas e externas para controle e coordenação do movimento, ou seja, a fase relativa expressa o grau de consistência com que os segmentos interagem.

Segundo Newell e Slifkin (1998), a estratégia mais comum para caracterizar a variabilidade no controle motor é calcular o desvio padrão de um dado parâmetro de movimento. Se o desvio padrão é pequeno, ele é usualmente apresentado, mas é considerado como um aspecto natural do comportamento do organismo. Mas, a baixa variabilidade também pode indicar um sistema não adaptativo, ou seja, um sistema com baixa variabilidade pode apresentar um padrão muito “rígido”, que não apresenta flexibilidade frente a perturbações no sistema, como pequenas oscilações no parâmetro de controle. No entanto, quando o desvio padrão do movimento é grande, então isto pode ser visto como instabilidade do sistema.

A média e o desvio angular da fase relativa foram as variáveis utilizadas no estudo da estabilidade do pular corda de Bueno et al. (2003b), em duas frequências, uma natural e outra determinada por um metrônomo a 1.8Hz. Neste experimento, a corda era batida pelos próprios participantes. Os resultados mostraram não haver diferença estatisticamente significativa da média e desvio angular da fase relativa discreta entre as duas frequências. Estes resultados sugerem que a utilização do metrônomo não causou diferença na estabilidade do pular corda. Semelhantes resultados foram encontrados nos estudos de Pellegrini et al. (2003) e Bueno et al. (2003a), cujos valores da

média e desvio padrão da fase relativa discreta não alcançaram diferença significativa entre as diferentes frequências (1.4, 1.6, 1.8 Hz e natural) e condições (corda batida pelo próprio executante e por batedores externos). Estes resultados sugerem que a fase relativa discreta dentro de um mesmo padrão de saltar no pular corda parece não se alterar com as diferentes frequências impostas nos experimentos citados.

Em recente estudo desenvolvido por Carvalho (2003) foi investigado o comportamento da fase relativa discreta em função da frequência de batida da corda (1.4, 1.6 e 1.8 Hz) e da informação sensorial disponível, ou seja, corda controlada pelo próprio executante e corda controlada externamente. Os resultados mostraram que a média da fase relativa discreta foi significativamente menor na condição com a corda sendo auto-controlada do que na condição com a corda sendo controlada externamente. Segundo Carvalho (2003), com a informação da trajetória da corda os participantes sabiam com maior precisão o momento em que a corda iria passar sobre os pés e dessa forma não precisavam antecipar tanto o salto quanto na condição sem esta informação háptica. As médias da fase relativa discreta nas várias frequências mostraram não serem estatisticamente diferentes. Ao testar a variabilidade da fase relativa discreta entre as condições e frequências o autor constatou igualdade da estabilidade em ambos os fatores.

Outra variável utilizada nos estudos com o pular corda é o intervalo temporal entre a perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés do executante. Através da análise desta variável podemos verificar o tempo que o executante antecipa para a passagem da corda sob os

pés. Uma exemplificação deste intervalo temporal e o cálculo desta variável podem ser vistos no item 5.4.8 deste trabalho.

Andrade et al. (2001) analisaram esta variável em estudo realizado com 12 universitários, onde os mesmos tinham que executar o pular corda em duas condições: com e sem informação proprioceptiva, ou seja, a corda batida pelo próprio executante e a corda sendo batida por batedores externos. As performances nas duas condições eram executadas de acordo com a frequência imposta por um metrônomo (1.66 Hz). Os resultados apontaram não haver diferença no intervalo temporal entre a perda de contato dos pés com o solo e passagem da corda sob os pés do executante entre as duas condições experimentais. O momento do salto em relação à posição da corda se manteve temporalmente constante nas duas condições sugerindo que a informação proprioceptiva não altera a relação temporal entre o salto e a corda no pular corda.

Semelhantes resultados foram encontrados por Bueno et al. (2003b) com relação à invariância no intervalo temporal entre o momento da perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés, em diferentes frequências (1.4, 1.6, 1.8 Hz e natural) no pular corda de 18 universitários. Não houve diferença na média e no desvio padrão do intervalo temporal entre as frequências. Apesar da diferença não ter alcançado nível de significância, houve uma tendência deste intervalo diminuir com o aumento da frequência, ou seja, com o aumento da frequência o executante perdia o contato dos pés do solo cada vez mais próximo do toque da corda no solo.

Dados do estudo de Carvalho et al. (2001) apontaram que o intervalo temporal, entre o momento da perda de contato dos pés com solo e a

passagem da corda sob os pés, não se apresentou constante quando estes autores identificaram o papel dos vários tipos de informação sensorial no pular corda de 12 universitários. Foram analisadas as execuções do pular corda batida pelo próprio executante nas seguintes condições: 1) com informação visual e auditiva; 2) com informação visual mas sem informação auditiva; 3) sem informação visual mas com informação auditiva; e 4) sem informação visual e sem informação auditiva. A tarefa consistia em executar uma seqüência de 12 saltos no ritmo da batida de um metrônomo com freqüência de 1.66 Hz. Os resultados indicaram que o intervalo temporal, entre a perda de contato dos pés com a passagem da corda sob os pés, foi maior na condição em que não havia informação visual, quando comparado com as demais condições. A menor média deste intervalo temporal foi encontrada na condição sem informação auditiva. Estes resultados apresentados levaram os autores a sugerir que, na ausência da informação visual, o executante inicia o salto com maior antecendência mesmo tendo a informação háptica do movimento da corda; e em contrapartida, o executante atrasa o início do salto na ausência da informação auditiva.

Em resumo, a revisão da literatura levanta os aspectos do pular corda que necessitam ser levados em consideração quando da análise deste comportamento motor. Os mecanismos de controle da relação sujeito-corda se alteram em função do modo como a corda é batida (auto-controlado ou externamente controlada), como o salto é executado (salto com apoio simultâneo dos pés ou com apoio alternado) e a freqüência de batida da corda em que este ato motor é realizado. No presente estudo o pular corda foi investigado através das variáveis: freqüência de batida da corda, fase relativa

contínua, altura do salto e intervalo temporal entre a perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

O objetivo deste estudo é verificar o acoplamento espaço-temporal entre o saltar e a trajetória da corda em diferentes padrões motores do saltar no pular corda.

3.2 Objetivos Específicos:

- Verificar as diferenças da variabilidade da fase relativa entre os padrões motores do saltar no pular corda em diferentes frequências de batida da corda (1.5, 1.7 e 1.9Hz).
- Verificar as diferenças na altura do salto entre os diferentes padrões de saltar no pular corda nas diferentes frequências.
- Verificar se há diferença no intervalo de tempo entre o momento da perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés, entre os diferentes padrões motores de saltar no pular corda nas diferentes frequências.
- Verificar se ocorre mudança no padrão motor do saltar no pular corda quando a frequência de batida da corda é aumentada gradativamente de uma frequência lenta para uma frequência rápida, quando o pular corda é iniciado com saltos com apoio alternado dos

pés no solo.

- Verificar se ocorre mudança no padrão motor do saltar no pular corda quando a frequência de batida da corda é aumentada gradativamente de uma frequência lenta para uma frequência rápida, quando o pular corda é iniciado com apoio simultâneo dos pés no solo.

4. HIPÓTESES

Diante dos objetivos específicos propostos para este estudo e dados disponíveis na literatura, as hipóteses testadas foram:

- H1: A média mas não a variabilidade da fase relativa contínua do padrão de saltar com apoio simultâneo seria maior do que a do padrão de saltar com apoio alternado dos pés, independente da frequência de batida da corda.
- H2: A média da altura do salto no padrão de saltar com apoio simultâneo, independente da frequência, seria maior do que a do padrão de saltar com apoio alternado dos pés.
- H3: O intervalo de tempo entre o momento de perda do contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés, seria maior na condição com saltos com apoio simultâneo do que no salto com o apoio alternado dos pés, independente da frequência de batida da corda.
- H4: Não ocorreria mudança no padrão motor do saltar no pular corda quando a frequência de batida da corda fosse aumentada gradativamente

de uma frequência lenta para uma frequência rápida, quando o pular corda é iniciado com saltos com apoio alternado dos pés tocando no solo.

- H5: Ocorreria mudança do padrão motor do saltar no pular corda quando a frequência de batida da corda fosse aumentada gradativamente de uma frequência lenta para uma frequência rápida, quando o pular corda for iniciado com saltos com apoio simultâneo dos pés no solo.

5. MÉTODO

5.1 Participantes

Participaram deste estudo 8 universitários do sexo masculino (média= $23,7 \pm 1,5$ anos) da Universidade Estadual Paulista do campus Rio Claro. Todos os sujeitos tiveram acesso ao Formulário de Informação e Consentimento (ANEXO 1), o qual continha todas as informações sobre a tarefa a ser realizada e os danos que poderiam ser causados; explicitava que os dados seriam utilizados somente para fins científicos e que a identidade de cada participante seria preservada. Após a leitura deste formulário o participante assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO 1).

5.2 Materiais

Para a coleta de dados foram utilizados os seguintes materiais: duas câmeras de vídeo digital da marca JVC, modelo gr-DVL9800u, fixadas em tripés, com frequência de captura ajustada para 120 Hz com “shutter” de 1/250, foco manual e regulagem da própria câmera para ambientes internos com iluminação artificial. Fitas para as filmagens e reprodução videográfica; dois refletores fixados em tripés para iluminação do ambiente, cordas de

polipropileno de cor preta com um marcador de isopor branco no centro; metrônomo digital da Marca QUARTZ QT-3; marcadores de isopor de cor branca com dois centímetros de diâmetro para registrar as articulações do tornozelo (maléolo lateral) e quadril (trocanter maior), marcadores com cinco centímetros de diâmetro para registrar em vídeo o centro da corda; película reflexiva 3M para encapar as marcas de isopor, vestimenta preta para os participantes (calça de lycra, meias e camiseta); um calibrador para a filmagem; estadiômetro e fita métrica. Para o tratamento dos dados serão utilizados os programas computacionais: *Software DVIDEOW 4.0* (BARROS et al., 1999) e *MATLAB versão 6.5 (Math Works Inc.)*. Para o tratamento estatístico o *Statistic 4.3 for Windows*.

5.3 Procedimentos

Em um primeiro momento foi divulgado junto aos estudantes da UNESP/IB/RC os objetivos e procedimentos do estudo. Os interessados em participar receberam o Formulário de Informação e Consentimento (ANEXO 1), já citado anteriormente e se de acordo, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO 1). Os voluntários foram, então, informados quanto ao local, o dia e o horário da coleta de dados. A coleta de dados foi realizada nas dependências do Ginásio Poliesportivo do Departamento de Educação Física, UNESP/IB/RC.

Antes de iniciar o registro da performance motora em vídeo, foram obtidos de cada um dos participantes dados quanto ao gênero, data de nascimento e dados antropométricos (ANEXO 1). Os participantes estavam vestidos com calça e camisa preta e, posteriormente, foram fixadas no

hemisfério do lado direito marcadores passivos (ZATSIORSKY, 1998) no maléolo lateral (articulação do tornozelo) e no trocânter maior (articulação do quadril). Havia cordas de vários comprimentos, antes do início da coleta os participantes testavam qual seria a adequada de acordo com sua estatura. Os participantes foram filmados a partir de uma vista lateral em três dimensões, sendo que a corda foi batida pelo próprio participante, como mostra a Figura 1.

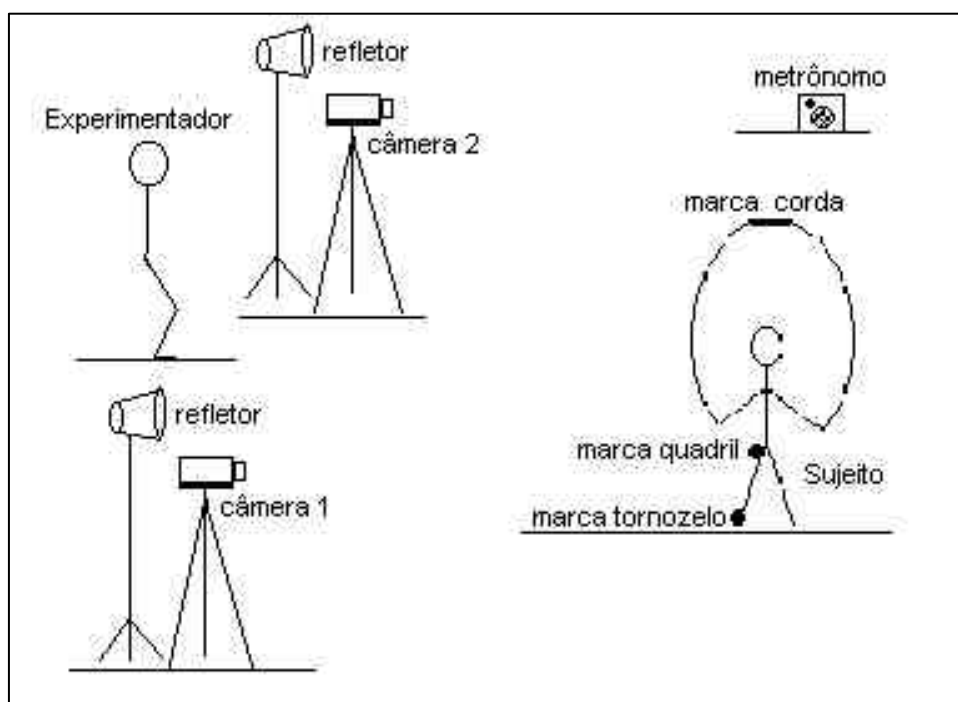


Figura 1: Representação esquemática da condição experimental.

As câmeras 1 e 2 foram posicionadas paralelamente à região central da área demarcada no solo para a realização da tarefa, a uma altura de 1,85 m em relação ao solo. A distância entre a câmera 1 e 2 foi de 5,65 m, sendo que câmera um foi posicionada a 12,40 m a esquerda do local demarcado no solo e câmera dois a 11,10 m. Os refletores de luz foram colocados o mais próximo possível das câmeras e na mesma altura. O enquadramento das câmeras focalizou os marcadores passivos fixados no corpo e na corda durante toda a execução da tarefa.

Antes de iniciar a filmagem de cada participante, foi colocado um calibrador exatamente no local onde o participante realizaria a tarefa. Este calibrador continha 108 marcadores (bolinhas de isopor) fixados, como mostra a Figura 2. Através de uma trena com precisão em milímetros, foram medidas as distâncias entre os marcadores, obtendo-se os valores absolutos (em milímetros) das coordenadas cartesianas x , y e z (TABELA 4, ANEXO 2), para obtenção do referencial para tratamento dos dados. O sistema de referência utilizado neste estudo foi determinado como o eixo “ y ” orientado no sentido vertical, o eixo “ x ” orientado no sentido horizontal e perpendicular ao eixo “ y ” (paralelo ao posicionamento das câmeras), e o eixo “ z ” foi definido como produto vetorial de “ x ” por “ y ” (ZATSIORSKY, 1998).

Finalizada a filmagem do calibrador, foi dado início à coleta de dados propriamente dita. O participante se posicionou na área indicada e aguardou o comando de “ATENÇÃO... GRAVANDO” para iniciar a tarefa, parando somente após ouvir o comando de “CESSAR”, expresso pelo experimentador. Nesta Situação Experimental 1, cada um dos 8 sujeitos realizou trinta ciclos completos do pular corda, em cada uma das três frequências de batida da corda 1.5, 1.7 e 1.9 Hz, determinada externamente por um metrônomo digital que emite sinal sonoro. Antes de realizar a sequência de 30 ciclos completos do pular corda em cada frequência, o participante teve a oportunidade de praticar alguns saltos na frequência imposta pelo metrônomo para adaptação com o metrônomo. Houve um

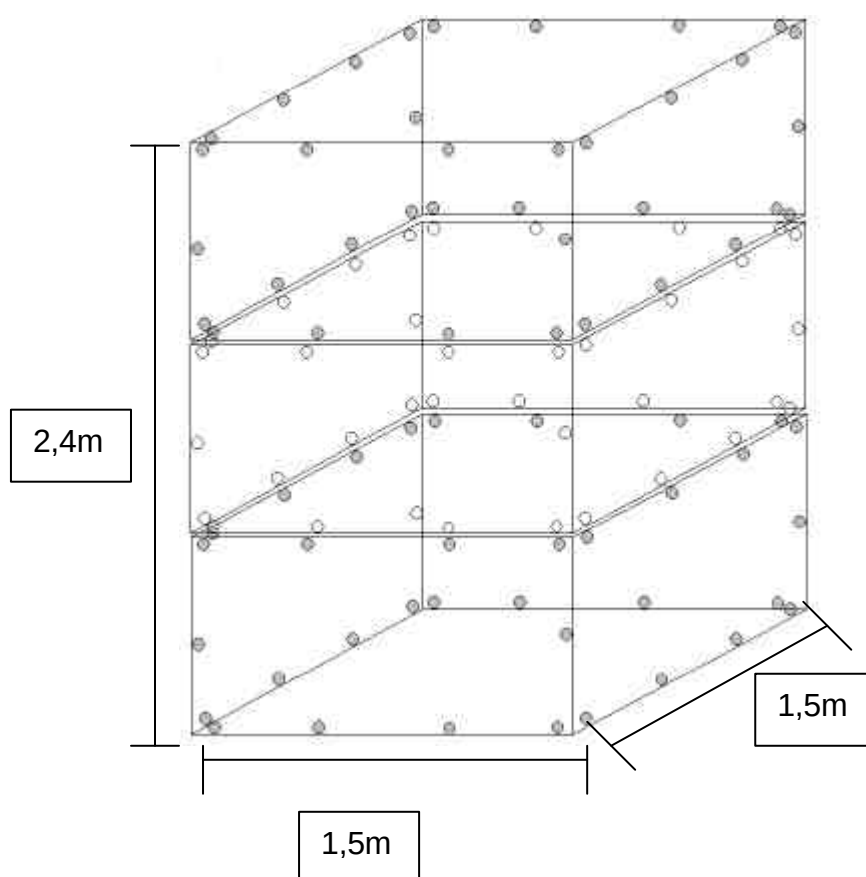


Figura 2: Representação esquemática do calibrador utilizado para obtenção do sistema de referência.

intervalo de recuperação de dois minutos entre as tentativas. Os sujeitos realizaram 30 ciclos completos do pular corda (em seqüência) em cada uma das três freqüências impostas em cada uma das seguintes condições: 1) pular corda realizando saltos com apoio alternado dos pés no solo; e 2) pular corda realizando saltos com apoio simultâneo dos pés no solo. Caso o participante comete-se algum erro na tentativa, ele deveria reiniciar a tentativa a fim de completar a série de 30 saltos consecutivos. A ordem de execução da tarefa foi randômica, de modo que foi realizado sorteio para determinar a ordem com que o participante iria realizar as tentativas (TABELA 2, ANEXO 2). Nesta Situação Experimental 1 foram coletadas para análise um total de 6 tentativas (2 condições X 3 freqüências) de cada sujeito. As tentativas de prática para

adaptação com a frequência imposta não foram registradas em vídeo, portanto não foram analisadas. Terminada a primeira fase da coleta, houve um período de cinco minutos de descanso, intervalo no qual foram dadas as instruções para a execução da Situação Experimental 2. Após o término do intervalo o participante se posicionou novamente na área indicada e aguardou o comando de “ATENÇÃO... GRAVANDO” para iniciar a nova tarefa, o escalonamento da frequência (*scaling frequency*), parando somente após ouvir o comando de “CESSAR”, expresso pelo experimentador. O participante realizou duas tentativas na seguinte condição:

- Pular corda iniciando na frequência mais lenta possível da batida da corda, sendo que esta frequência foi determinada pelo próprio executante. Na sequência de saltos, a cada cinco ciclos aproximadamente, o experimentador instruiu o participante a aumentar gradativamente a frequência de batida da corda, até que o participante alcançasse a frequência mais rápida possível. Este procedimento experimental foi realizado por Kelso et al. (1986), em estudo com coordenação bimanual. A primeira tentativa foi iniciada com apoio alternado dos pés no solo e a segunda tentativa com os pés tocando o solo simultaneamente, ou seja, a ordem foi contrabalançada entre os sujeitos de modo que metade deles iniciou com apoio alternado dos pés e a outra metade com apoio simultâneo. Os sujeitos foram orientados a modificar o modo de saltar se considerassem necessário para atingir uma frequência alta de batida da corda ou para se evitar o erro.

Somando-se as tentativas das duas fases de coleta, obtivemos um total de oito tentativas gravadas de cada sujeito para posterior análise:

1. Condição 1 na frequência 1
2. Condição 1 na frequência 2
3. Condição 1 na frequência 3
4. Condição 2 na frequência 1
5. Condição 2 na frequência 2
6. Condição 2 na frequência 3
7. Escalonamento iniciando com os pés tocando o solo alternadamente
8. Escalonamento iniciando com os pés tocando o solo simultaneamente

Vale lembrar que a ordem de execução até a sexta tentativa foi definida por sorteio e as duas tentativas do escalonamento (*scaling*) foram contrabalançadas entre os sujeitos.

5.4 Tratamento dos dados

5.4.1 Captura, desentrelaçamento e sincronização de imagens.

Para análise das imagens, após o registro em vídeo, foram capturadas as seqüências desejadas, que foram armazenadas no computador em formato AVI (audio video interlace). Para isso, utilizou-se uma placa de vídeo Studio DV da marca Pinnacle. Após a captura, através do software Dvideow (BARROS et al., 1999) foi realizado o desentrelaçamento (separação dos “*fields*”) destas imagens, permitindo assim a obtenção de imagens nítidas, com resolução de 120 Hz.

Para que houvesse uma relação temporal entre as imagens das duas câmeras, ou seja, para que a captura das imagens registradas pelas

câmeras fossem as mesmas, estas foram sincronizadas pelo pico do sinal sonoro, que na coleta de dados foi dado através de um apito.

5.4.2 Medição

Para obtermos os valores para o cálculo das variáveis dependentes foi feita a medição das marcas passivas na seguinte ordem: 1) corda, 2) articulação do tornozelo e 3) articulação do quadril. A medição fornece os valores em pixel dos marcadores.

A medição da marca passiva do primeiro quadro foi feita manualmente com o mouse e a partir do segundo quadro através do software Dvideow pela opção “Tracking” automático, que se utiliza de morfologia matemática presente neste ambiente. Devido às dificuldades de medição automática em toda a seqüência de quadros (no pular, por exemplo, geralmente ocorre a passagem do braço encobrindo a marca passiva colocada na articulação do quadril) a medição semi-automática integrou a ação do operador, recurso existente no software para detecção de padrões.

Além das imagens das performances, as imagens dos calibradores também foram medidas, identificando os pontos a serem utilizados como referência.

5.4.3 Calibração

Para calibrar as câmeras a partir de um referencial com dimensões conhecidas, foi carregada a seqüência de imagens de interesse e foram digitados os valores referentes a cada marca passiva do calibrador. Em seguida, foram calibradas as câmeras colocadas lateralmente ao movimento

filmado através do calibrador referente a elas (este procedimento também foi realizado através do mesmo *software* Dvideow).

5.4.4 Obtenção dos dados tridimensionais

O fenômeno do pular corda é tridimensional, mas para quantificá-lo, este estudo apoiou-se em uma metodologia que utiliza imagens bidimensionais e, por isso, necessitou da reconstrução tridimensional. O processo utilizado para a reconstrução tridimensional foi o (DLT) "*Direct Linear Transformation*" que é um método de equações aplicado para quantificar os parâmetros da reconstrução (BARROS et al., 1999).

A reconstrução tridimensional consiste na obtenção de coordenadas espaciais a partir de registros de suas imagens e foi inicialmente proposta por Abdel-Aziz e Karara (1971). Sendo assim, a partir da sequência de imagens da mesma sequência do pular corda, geradas por câmeras diferentes, foi realizada a reconstrução tridimensional. Ela consistiu na localização das marcas nos sujeitos no espaço tridimensional com as posições relativas no espaço (realizada também através do mesmo *software*) para a obtenção das coordenadas espaciais que estavam dispostas em forma de matriz, ou seja, das coordenadas x, y e z de todos os pontos de interesse.

5.4.5 Suavização

Posteriormente, para separar os sinais dos ruídos e as possíveis discrepâncias dos valores das coordenadas espaciais, o conjunto de dados obtidos no processo de reconstrução foi suavizado utilizando um filtro digital

Butterworth, quinta ordem, na frequência de corte de 5 Hz definida pelo método de Winter (1990).

5.4.6 Obtenção da Frequência de Batida da Corda

Para obtenção da frequência de batida da corda, primeiramente foi contado o número de “frames” que correspondeu à série de saltos a ser analisada. O número total de “frames” desta série foi dividido pelo número de ciclos da mesma, obtendo-se a média de “frames” por ciclo da sequência a ser analisada. O resultado desta divisão foi multiplicado por 0,0083 (valor em segundo do “frame”) a fim de se obter a duração de 1 ciclo em segundos. Para obtermos o valor da frequência de batida da corda em Hz, dividimos 1 pelo valor do ciclo em segundos. O cálculo da frequência de batida da corda é descrito pela algoritmo:

$$\text{Frequência} = 1/((n^{\circ} \text{ frames}/n^{\circ} \text{ ciclos}) * 0.0083)$$

Este valor em segundos do “frame” (0,0083) foi obtido pela referência do valor da frequência de captura da câmera, ou seja, como a frequência de captura foi de 120 Hz, dividimos 1 segundo pela frequência de captura, obtendo o valor em segundos de cada *frame*.

5.4.7 Obtenção da Fase Relativa Contínua (FRC)

O relacionamento espaço-temporal entre o salto e a trajetória da corda foi analisado por meio da FRC expressa em graus (°). No presente estudo a FRC foi definida como sendo a diferença de fase entre dois sinais

oscilatórios, ou seja, o ponto de adiantamento de um sinal em relação ao outro dentro do mesmo ciclo. A FRC foi calculada seguindo o modelo proposto por Kelso et al., (1986):

$$FRC = f_{\text{corda}} - f_{\text{tornozelo}}$$

Sendo que “ f_{corda} ” corresponde ao espaço de fase da corda e “ $f_{\text{tornozelo}}$ ” ao espaço de fase do tornozelo.

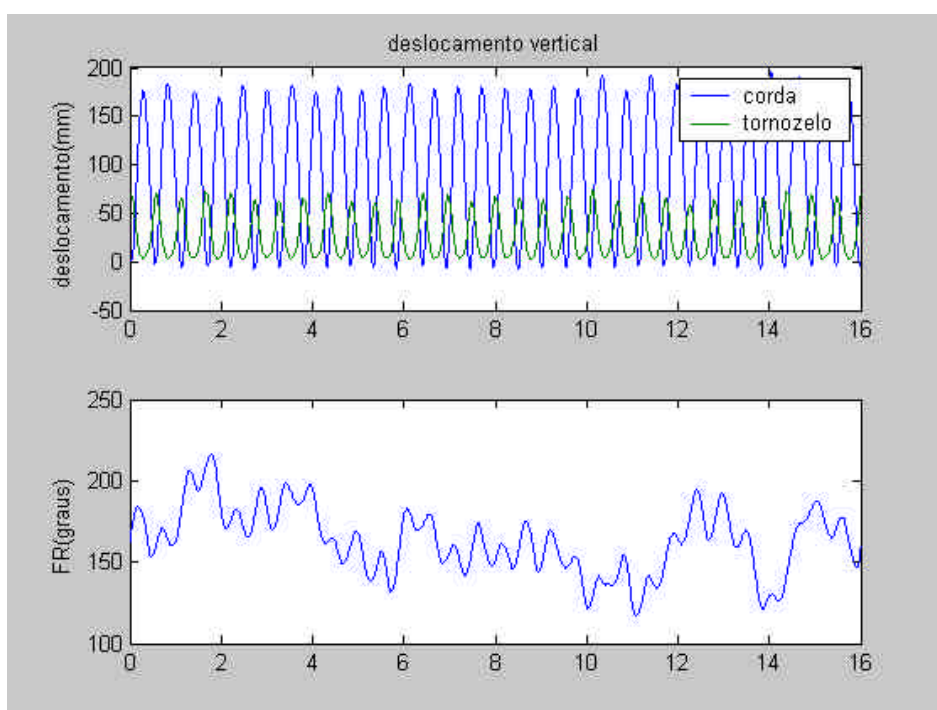


Figura 3: Na parte superior da figura temos o gráfico rerepresentando o deslocamento vertical da corda (azul) e tornozelo (verde) durante uma sequência no pular corda. Na parte inferior da figura está a FRC em graus desta mesma sequência.

O cálculo da FRC no presente estudo foi desenvolvido em linguagem Matlab. Primeiramente foi utilizada a função “*hilbert*”, que transformou os dados discretos em contínuos, sendo que neste processo foram adicionados números complexos na matriz. Para o cálculo do espaço de fase

foi utilizada a função “*angle*”, que calcula o espaço de fase, em radianos, de uma matriz com elementos complexos. Para solucionar o problema da redundância em “ π ” e “ 2π ” foi utilizada a função “*unwrap*” e para transformação dos dados de radianos para graus, os mesmos foram multiplicados por $180/\pi$. Posteriormente, foi realizada a subtração entre o espaço de fase da corda e o espaço de fase do tornozelo, ponto a ponto.

Kurze e Stergiou (2002) sugerem que as diferentes amplitudes entre os osciladores podem não ser de fato um problema para o cálculo da FRC devido às propriedades da função arco tangente no cálculo do espaço de fase. Assim, nenhuma normalização foi efetuada no presente estudo.

5.4.8 Obtenção da altura máxima do salto.

Para o cálculo da altura do salto foram utilizados apenas os valores da coordenada “y”, que corresponde ao deslocamento no eixo vertical, da marca do quadril (trocanter maior). Este cálculo foi realizado através de uma rotina em linguagem MATLAB especificamente desenvolvida para o cálculo da altura do salto. Esta rotina nos forneceu a altura máxima atingida em centímetros pela marca do quadril em cada um dos saltos de cada tentativa, sendo que na seqüência foi calculada a média da altura máxima atingida pela marca do quadril em cada condição. Em seguida, deste valor foi subtraída a altura do marcador do quadril no momento em que o participante se encontrava na posição ereta (distância da superfície de contato à marca fixada no trocanter maior). Para obtermos esta medida foi pedido ao participante, antes no início da coleta, para permanecer alguns segundos na posição ereta afim de que

fosse realizada a filmagem da marca do quadril. A Figura 4 traz uma representação deste cálculo.

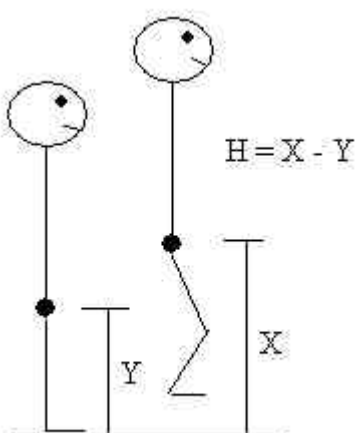


Figura 4: Representação das medidas para cálculo da altura do salto, sendo que H = altura do salto, X = altura máxima atingida na fase de vôo e Y = distância da marca fixada no trocanter maior à superfície de contato com o participante na posição ereta.

5.4.9 Obtenção do intervalo temporal.

Para o cálculo do intervalo temporal entre a perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés do executante, foi utilizado o seguinte processo: primeiramente foram contados o número de “frames” que corresponde ao intervalo entre a perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés do executante no eixo vertical e depois multiplicado por 0,008 segundos.. Este valor em segundos do *frame* (0,008) é obtido pela referência do valor da frequência de captura da câmera. Como a frequência de captura foi de 120 Hz, dividimos 1 segundo pela frequência de captura, obtendo o valor em segundos de cada *frame*. A Figura 5 exemplifica a posição da corda no exato momento que ocorre a perda de contato dos pés com o solo, e o percurso que a corda percorre até que ela passe sob os pés do executante.

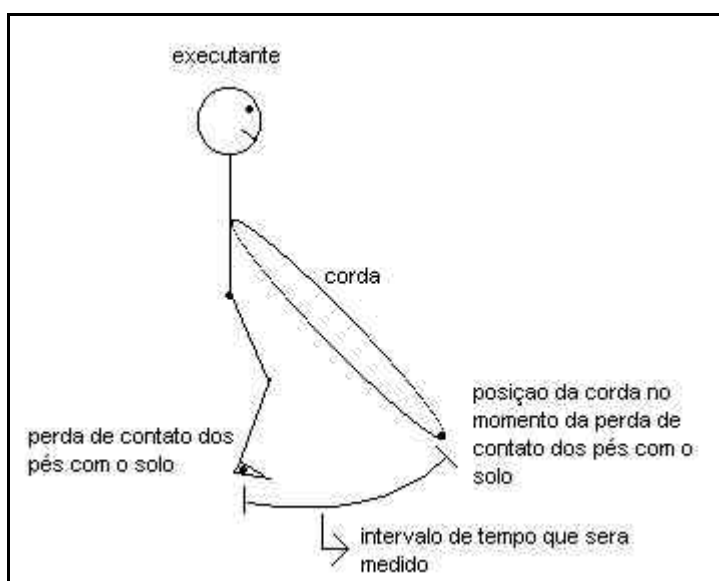


Figura 5: Representação esquemática do intervalo temporal entre a perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob a linha vertical do executante.

5.5 Análise estatística

Para análise estatística tomamos como referência às hipóteses que foram testadas e que são detalhadas na ordem que foram descritas no Cap. 4:

- H1: foram feitas duas ANOVAs com medidas repetidas nos fatores condição (2) e frequência (3), uma tendo como variável dependente a média da fase relativa contínua, ponto a ponto, na seqüência dos saltos nos diferentes padrões de saltar no pular corda de cada sujeito, e a outra ANOVA tendo como variável dependente o desvio angular da fase relativa contínua na seqüência dos saltos nos dois padrões de saltar no pular corda de cada sujeito.
- H2: foi feita ANOVA com medidas repetidas nos dois fatores condição (2) e frequência (3), tendo como variável dependente a média

da altura dos saltos (cm) na seqüência dos saltos nos diferentes padrões de saltar no pular corda de cada sujeito.

- H3: foi feita ANOVA com medidas repetidas nos fatores condição (2) e freqüência (3), tendo como variável dependente a média do intervalo de tempo entre o momento de perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés.
- H4 e H5: Para fins de análise do padrão de saltar ao longo do escalonamento da freqüência, foram selecionadas quatro seqüências de saltos: os cinco primeiros saltos (SI), os cinco saltos que antecederam a mudança do padrão (SA), os cinco saltos posteriores a mudança (SP) e os cinco saltos finais (SF). De cada uma destas seqüências foram obtidos as seguintes variáveis: freqüência de batida da corda, FRC, altura do salto e a diferença temporal entre o início da fase de vôo e da passagem da corda sob os pés. Foram feitas análises de variância condição (2) e seqüência (4) para análise do comportamento das variáveis no escalonamento.

Em cada uma das ANOVAs, quando necessário, foi utilizado o teste a posteriori de Tukey HSD ($p < .05$), ou seja, para identificação das diferenças quando as análises de variância indicaram diferenças significativas entre três ou mais médias. Todas as análises estatísticas foram feitas utilizando o programa estatístico *Statistic for Windows* - Versão 4.3.

7. RESULTADOS

7.1 Situação Experimental 1

Este estudo teve como objetivo investigar o acoplamento espaço-temporal entre o saltar e a trajetória da corda em diferentes padrões motores de saltar no pular corda, e em específico, verificar o comportamento de diferentes variáveis (frequência de batida da corda, fase relativa contínua, altura do salto e intervalo temporal) nas distintas frequências de batida da corda.

Na Situação Experimental 1 os participantes tiveram como tarefa a execução de 30 saltos no pular corda em dois distintos padrões de saltar (salto com apoio alternado dos pés e saltos com apoio simultâneo dos pés) em três diferentes frequências: 1.5, 1.7 e 1.9 Hz, respectivamente F1, F2 e F3. As frequências de batida da corda foram impostas por um metrônomo digital que emitia sinal sonoro.

7.1.1 Frequência Imposta x Frequência Real

Para verificarmos se os participantes acompanharam as frequências impostas pelo metrônomo, foi calculada a média da frequência de batida da corda em cada tentativa, para fins de comparação com a frequência

imposta para aquela tentativa. Os resultados do Teste T de Student para cada uma das frequências, F1, F2 e F3 (TABELAS 5, 6, e 7, respectivamente; ANEXO 2) não indicaram diferença significativa entre as frequências impostas pelo metrônomo e as frequências observadas na execução do pular corda pelos participantes. A Figura 6 apresenta a média e o desvio padrão das frequências executadas pelos participantes, em comparação com as frequências impostas.

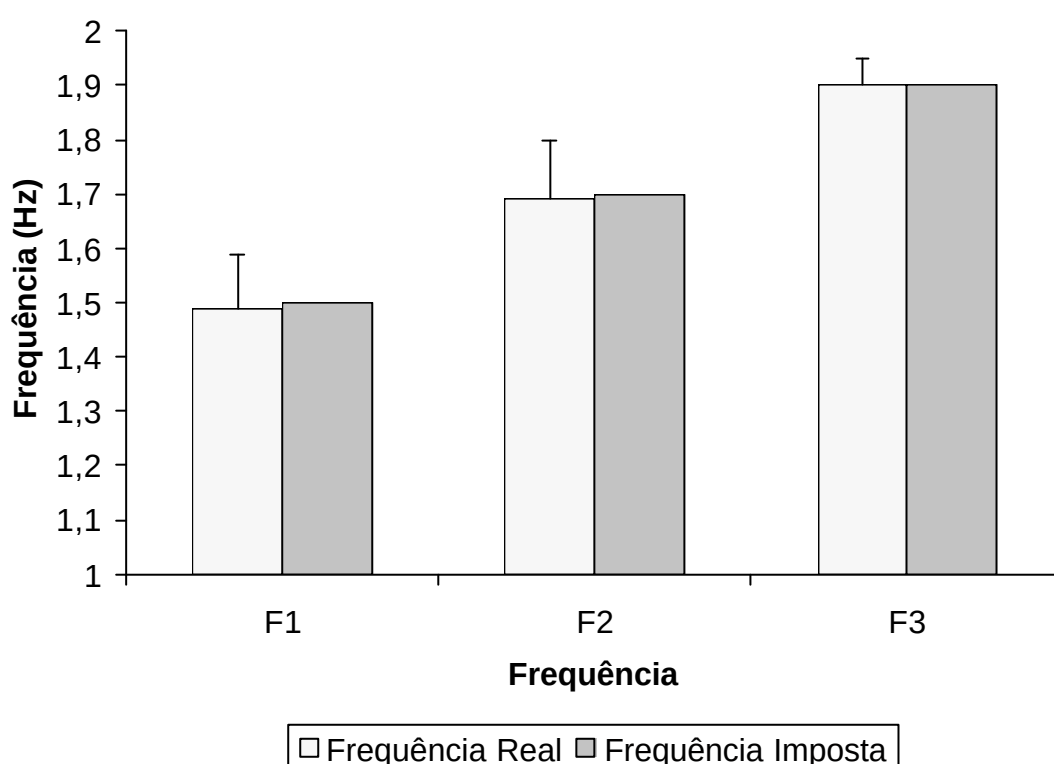


Figura 6. Média e desvio padrão das frequências observadas na execução do pular corda pelos participantes e as frequências impostas pelo metrônomo na Situação Experimental 1.

7.1.2 Fase Relativa Contínua (FRC).

Para verificar a primeira hipótese levantada de que haveria diferença na média, mas não na variabilidade da fase relativa contínua entre os padrões motores de saltar com apoio dos pés alternado e simultâneo,

independentemente da frequência de batida da corda, foram realizadas duas ANOVAs com medidas repetidas nos fatores condição (salto alternado e salto simultâneo) e frequência (1.5, 1.7 e 1.9 Hz), sendo que a primeira teve como variável dependente a média da FRC nas três tentativas e a segunda o desvio padrão (DP) da FRC nas três tentativas. Os resultados da ANOVA com a média da FRC indicaram não ter nenhum dos fatores nem a interação entre eles alcançado nível de significância (TABELA 8, ANEXO 2). A média da FRC na condição de saltos com apoio alternado dos pés foi de $172,90^\circ$ (DP = 17,56) e na condição de saltos com apoio simultâneo dos pés de $164,11^\circ$ (DP = 13,36). As médias e o desvio padrão da fase relativa contínua em função da frequência de batida da corda estão apresentados na Figura 7.

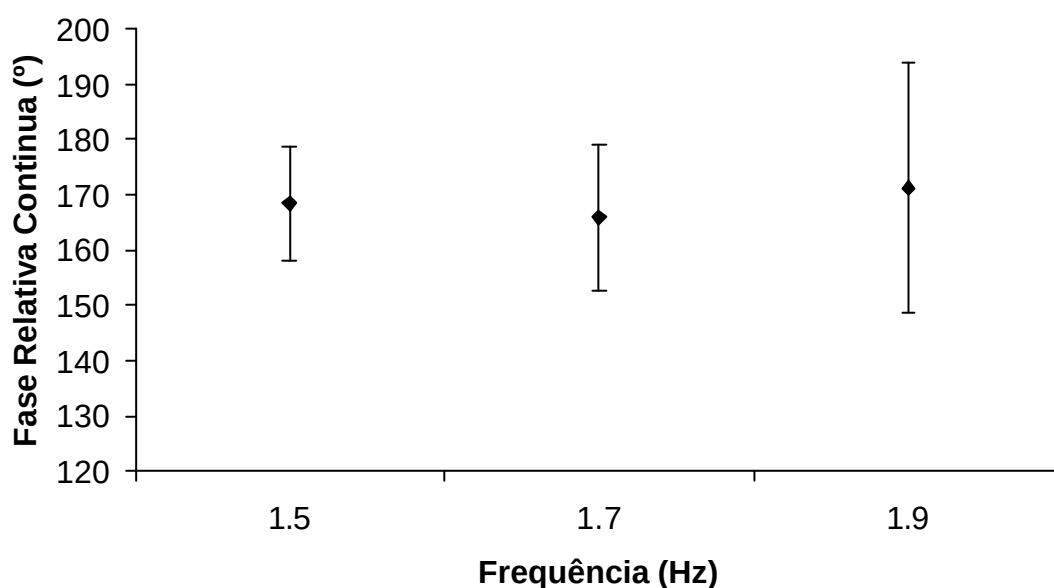


Figura 7. Média e desvio padrão da fase relativa contínua em cada uma das frequências da Situação Experimental 1.

Os resultados da ANOVA condição (2) x frequência (3) tendo como variável dependente o desvio angular da FRC, indicaram que na condição com saltos com apoio alternado dos pés a média do desvio angular

da FRC (52,98°) foi significativamente superior à média do desvio angular na condição com apoio simultâneo dos pés (22,15°), $F_{(1,7)}=134,07$, $p<0.0001$ (TABELA 9, ANEXO 2).

7.1.3 Altura do Salto

Para verificarmos a segunda hipótese de que a média da altura do salto no padrão de saltar com apoio simultâneo dos pés seria maior do que no padrão de saltar com apoio alternado foi feita ANOVA com os fatores condição (2) e frequência (3), tendo como variável dependente a altura dos saltos na tentativa (TABELA 10, ANEXO 2). Os resultados indicaram ter os dois fatores alcançado nível de significância, sendo que a média da altura dos saltos com apoio alternado dos pés foi significativamente menor ($15,01 \pm 3,81$ cm) do que a média da altura dos saltos na condição com apoio simultâneo dos pés ($17,11 \pm 4,11$ cm), $F_{(1,7)}=12,87$, $p<0.05$. Quanto à frequência, $F_{(2,14)}=7,40$, $p<0.05$, o teste a posteriori de Tukey HSD (TABELA 11, ANEXO 2) indicou que a altura do salto na frequência de 1.7 Hz foi maior do que na de 1.5 Hz. A Figura 8 mostra a média e o desvio padrão da altura dos saltos em função da frequência na Situação Experimental 1.

7.1.4 Intervalo Temporal.

A terceira hipótese era de que o intervalo de tempo entre o momento de perda do contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés seria maior no pular corda saltando com apoio simultâneo dos pés quando comparado com apoio alternado dos pés. Para verificarmos esta

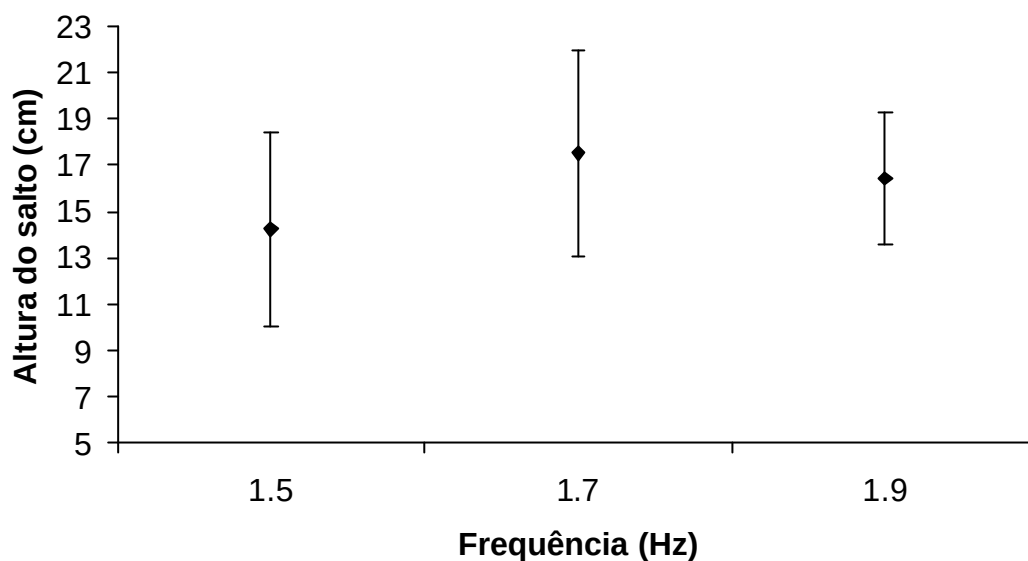


Figura 8. Média e desvio padrão da altura do salto em função da frequência na Situação Experimental 1.

hipótese foi realizada ANOVA condição (2) x frequência (3) com medidas repetidas nos dois fatores, tendo como variável dependente o intervalo temporal (TABELA 12, ANEXO 2). Os resultados indicaram ter apenas o fator condição alcançado nível de significância, $F_{(1,7)}=6,98$, $p<0.05$. A condição com apoio simultâneo nos pés nos saltos apresentou maior intervalo de tempo ($0,13 \pm 0,02$ seg.) entre o momento de perda do contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés, do que na condição de saltos com apoio alternado dos pés ($0,11 \pm 0,02$ seg.).

7.2 Situação Experimental 2

Na Situação Experimental 2, a tarefa consistia em pular corda, com apoio simultâneo ou alternado dos pés, com aumento da frequência de batida da corda partindo de uma velocidade lenta até que o participante

atingisse a máxima velocidade possível, identificado como escalonamento (*scaling*). O aumento da frequência de batida da corda não foi determinada externamente por metrônomo, mas o participante era orientado pelo experimentador a aumentar a frequência aproximadamente a cada cinco saltos. Desta forma, o número de saltos realizados por participante variou em cada tentativa. A Figura 9 mostra a frequência de batida da corda na sequência dos saltos por participante na condição em que iniciaram os saltos com apoio alternado dos pés e a Figura 10 na condição com apoio simultâneos dos pés no solo.

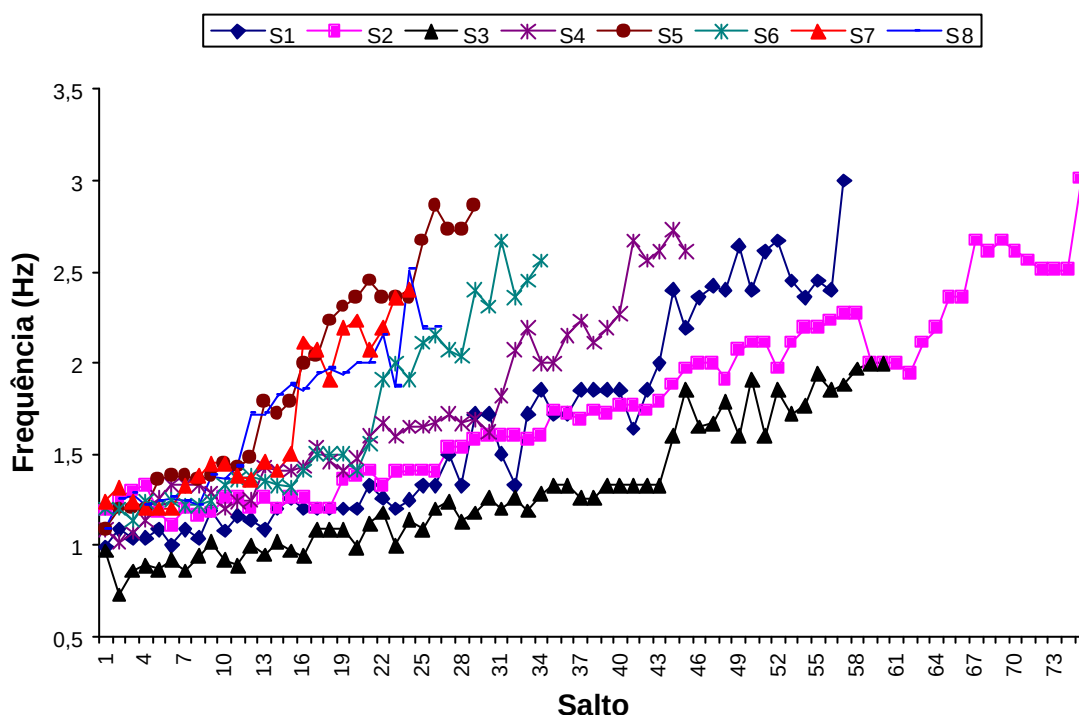


Figura 9. Frequência de batida da corda por participante na condição com apoio alternado dos pés na Situação Experimental 2.

Através da análise dos registros em vídeo, foi verificado que todos os participantes apresentaram uma mudança de padrão em um determinado momento durante o aumento da frequência no escalonamento

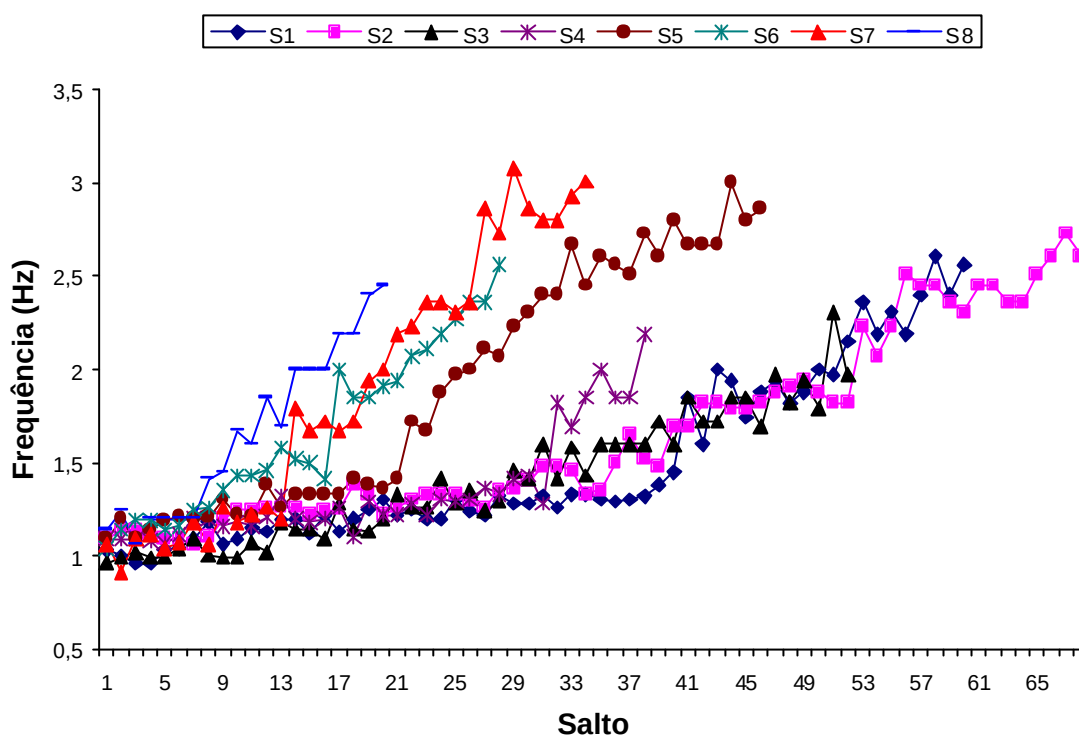


Figura 10. Frequência de batida da corda por participante na condição com apoio simultâneo dos pés na situação experimental 2.

(*scaling*), em ambas as condições. Os participantes iniciavam o pular corda realizando sobre-saltos, ou seja, dois saltos em um mesmo ciclo da corda (nas frequências mais baixas), sendo que quando havia uma mudança brusca na frequência de batida da corda, e uma frequência mais rápida era atingida, este primeiro salto (sobre-salto) desaparecia dando início a um novo padrão de saltar, agora sem sobre-salto. Por sobre-salto identificamos um pequeno salto que é executado antes do salto para pular a corda propriamente dito. Analisando as imagens quadro a quadro, identificamos o salto na sequência do escalonamento em que o sujeito realizou a mudança de padrão com sobre-salto para sem sobre-salto.

7.2.1 Freqüência de Batida da Corda

Com o objetivo de verificar se a freqüência de batida da corda entre as seqüências (independente das condições) e as condições (independentes das seqüências) eram diferentes, foi feita ANOVA condição (2) x seqüência (4) tendo como variável dependente a freqüência de batida da corda (TABELA 13, ANEXO 2). Os resultados da ANOVA alcançaram nível de significância apenas no fator seqüência, $F_{(3,21)}=7,39$, $p<0.0001$. O teste à posteriori de Tukey HSD (TABELA 14, ANEXO 2) indicou que todas as médias das freqüências da batida da corda são diferentes entres si, sendo $SI<SA<SP<SF$. A Figura 11 mostra as médias e o desvio padrão de cada seqüência no escalonamento na Situação Experimental 2.

Com o objetivo de comparar as médias da freqüência de batida da corda no salto em que ocorreu a mudança do padrão (SM) entre as duas condições (TABELA 15, ANEXO 2), foi feito o Teste T de Student para variáveis dependentes. Os resultados indicaram não haver diferenças entre as médias sendo que na condição com apoio alternado dos pés a média da freqüência de batida da corda foi 1,67 Hz (DP = 0,25 Hz) e na condição com apoio simultâneo a média da freqüência foi 1,73 Hz (DP = 0,16 Hz).

7.2.2 Fase relativa continua (FRC).

Com o intuito de verificarmos o comportamento da FRC entre as condições e seqüências foi feita ANOVA condição (2) x seqüência (4) tendo como variável dependente a média da FRC (TABELA 16, ANEXO 2). Os resultados da ANOVA indicaram nenhum fator ou interação ter alcançado nível de significância.

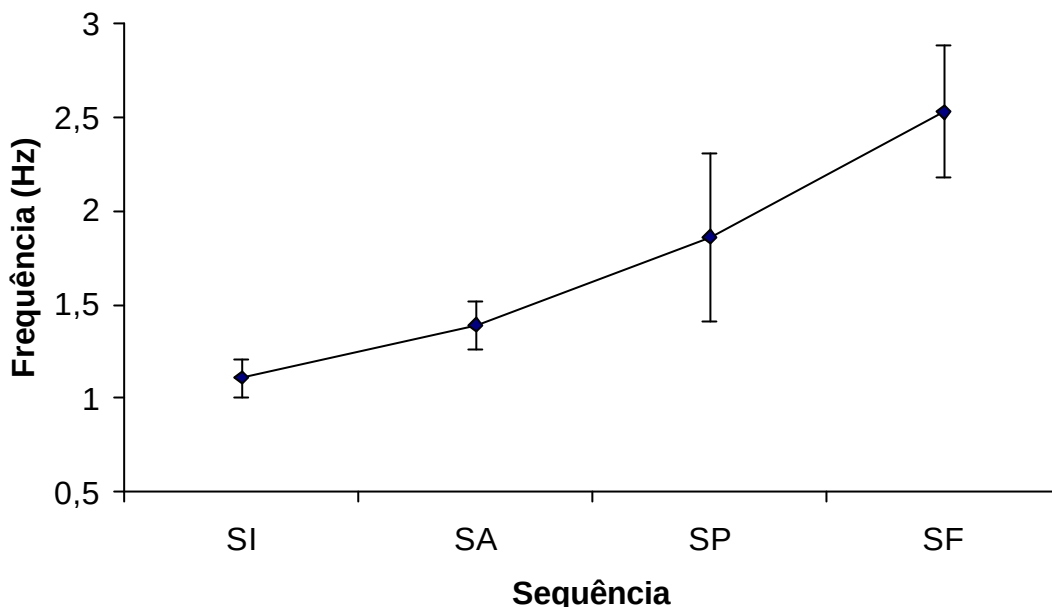


Figura 11. Média e desvio padrão da frequência de batida da corda nas quatro seqüências na situação experimental 2.

Para verificarmos a estabilidade da FRC nas condições e na seqüência do escalonamento (*scaling*), foi feita ANOVA condição (2) x seqüência (4) tendo como variável dependente o desvio angular da FRC (TABELA 17, ANEXO 2). Apenas o fator seqüência alcançou nível de significância, $F_{(3,21)} = 4,93$ $p < 0.01$. O teste a posteriori Tukey HSD (TABELA 18, ANEXO 2) indicou que a média do desvio angular da FRC na seqüência SA é maior do que nas seqüências SP e SF. A Figura 12 apresenta as médias e desvio angular da FRC no escalonamento (*scaling*), Situação Experimental 2.

7.2.3 Altura do Salto

Para verificarmos se havia diferença na altura do salto entre as condições e as diferentes seqüências do escalonamento (*scaling*), foi feita ANOVA condição (2) x seqüência (4) tendo como variável dependente a altura

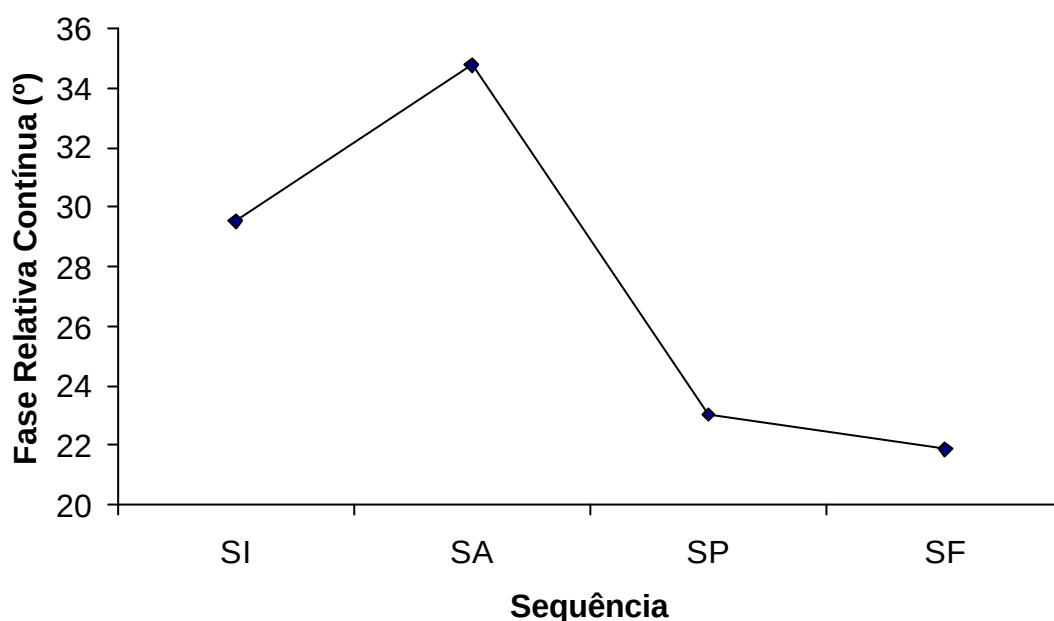


Figura 12. Desvio angular da Fase Relativa Contínua nas seqüências do escalonamento (scaling), Situação Experimental 2.

do salto (TABELA 19, ANEXO 2). Ambos os fatores alcançaram nível de significância mas não a interação entre eles. Quanto ao fator condição, a média da altura dos saltos foi maior na condição de apoio simultâneo dos pés no solo ($16,97 \pm 3,34$ cm) do que na condição com saltos alternados ($14,87 \pm 4,08$ cm), $F_{(1,7)} = 10,52$, $p < 0.01$. Para o fator seqüência, $F_{(3,21)} = 4,99$, $p < 0.009$, o teste a posteriori de Tukey HSD (TABELA 20, ANEXO 2) indicou ser a média da altura do salto na seqüência SF foi maior do que na seqüência SP. A Figura 13 mostra as médias e o desvio padrão da altura dos saltos nas seqüências do escalonamento (scaling), na Situação Experimental 2.

7.2.4 Intervalo Temporal

Para verificarmos se havia diferença no intervalo temporal entre

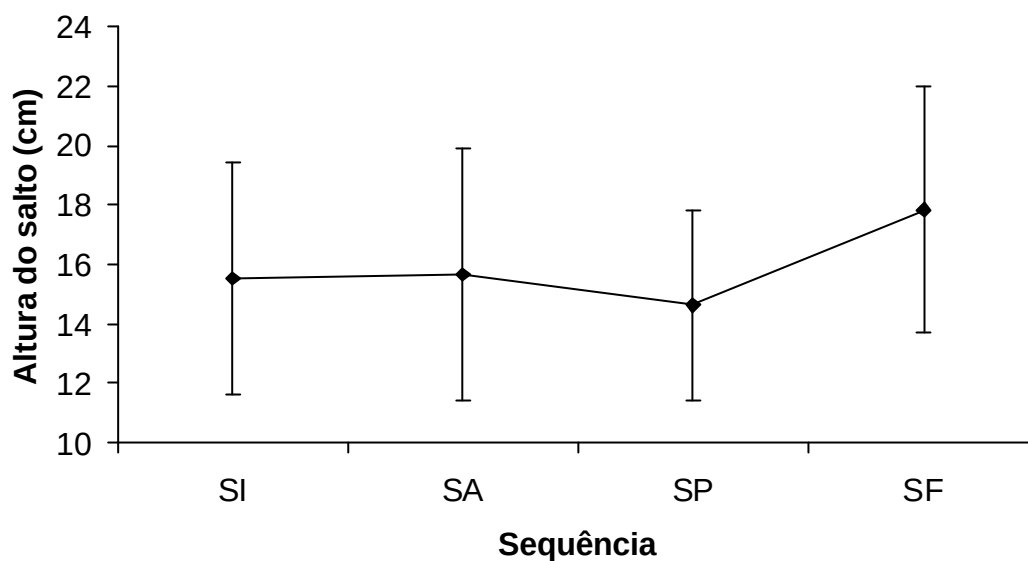


Figura 13. Média e desvio padrão da altura dos saltos em função da sequência na Situação Experimental 2.

as condições e as seqüências foi feita ANOVA condição (2) x seqüência (4) tendo como variável dependente o intervalo temporal (TABELA 21, ANEXO 2). Ambos os fatores alcançaram nível de significância, sendo que no fator condição, $F_{(1,7)} = 85,01$, $p < 0.0001$, a média do intervalo temporal foi maior na

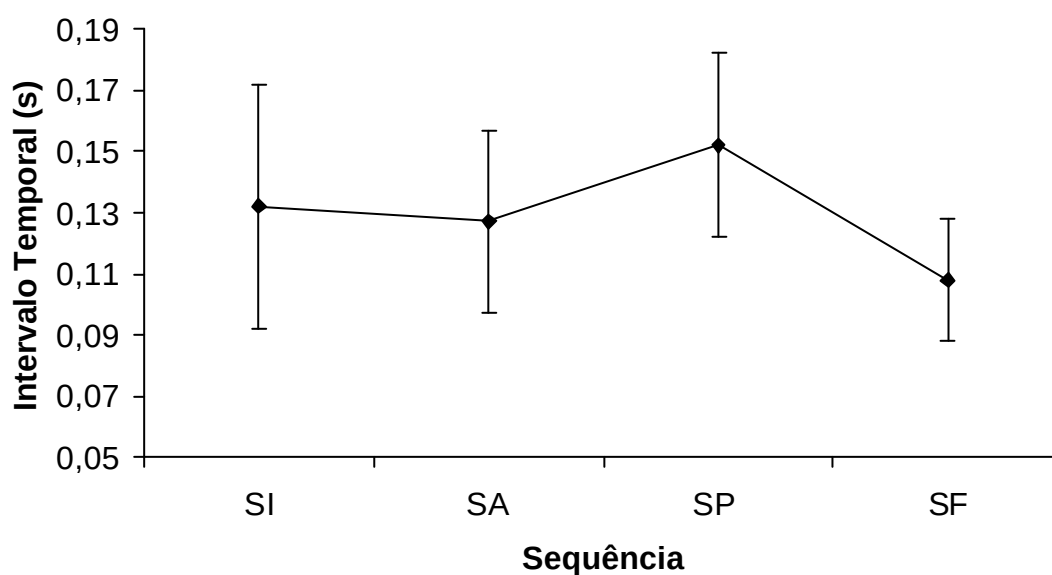


Figura 14. Média e desvio padrão do intervalo temporal em função da sequência na Situação Experimental 2.

condição com apoio simultâneo dos pés nos saltos ($0,15 \pm 0,04$ seg.) do que na condição com apoio alternado ($0,11 \pm 0,02$ seg.). Para o fator seqüência, $F_{(3,21)} = 8,42$, $p < 0.0007$, os resultados do teste a posteriori Tukey HSD (TABELA 22, ANEXO 2) indicaram que a média do intervalo temporal foi maior na seqüência SP do que nas seqüências SA e SF. A Figura 14 apresenta a média e o desvio padrão do intervalo temporal nas quatro seqüências do escalonamento (scaling) na Situação Experimental 2.

8. DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo verificar o acoplamento espaço-temporal entre o saltar e a trajetória da corda em diferentes padrões do saltar no pular corda. Foram analisadas diversas variáveis (frequência de batida da corda, altura do salto, fase relativa contínua e intervalo temporal entre a perda do contato dos pés com o solo e passagem da corda sob os pés) com o intuito de verificarmos as características dos diferentes padrões do saltar (saltos com apoio alternado e saltos com apoio simultâneo dos pés) em diferentes frequências da batida da corda (Situação Experimental 1) e a estabilidade destes padrões frente ao aumento da frequência de batida da corda, chamado de escalonamento ou “*scaling*” (Situação Experimental 2).

Em um primeiro momento, discutiremos os resultados da Situação Experimental 1, no qual os participantes executaram o pular corda em dois padrões distintos de saltar (apoio alternado e apoio simultâneo) em três diferentes frequências da corda (1.5, 1.7 e 1.9 Hz). Nesta situação experimental os participantes tiveram que acompanhar as três frequências impostas pelo metrônomo que emitia sinal sonoro. O primeiro passo dado foi a verificação da frequência que de fato os participantes executaram o pular corda. Os resultados desta análise (Ver 7.1.1) mostraram que as médias das

freqüências da batida da corda executadas pelos participantes não foram significativamente diferentes das freqüências impostas pelo metrônomo. Em termos do desenho experimental empregado, este resultado é de suma importância, pois indica que as freqüências selecionadas para o presente estudo, levam a comportamento distintos nitidamente diferentes entre si e, além disso, demonstra a grande capacidade rítmica do ser humano em acompanhar diferentes freqüências na execução de uma habilidade motora extremamente complexa como o pular corda. Em estudo realizado por Carvalho (2003), adultos universitários também tiveram que sincronizar seus saltos com um metrônomo que emitia sinal sonoro, mas os resultados não foram idênticos ao presente estudo, pois segundo Carvalho (2003) as freqüências observadas foram em geral acima da freqüência imposta pelo metrônomo. A diferença nestes resultados pode estar relacionada com os diferentes protocolos experimentais, já que os dois estudos em questão analisavam diferentes freqüências. Além disso, no estudo de Carvalho (2003) não consta a ocorrência de tentativas de prática para adaptação ao metrônomo, diferentemente do protocolo aplicado na Situação Experimental 1, que previu um período de prática para assegurar a sincronização com a freqüência imposta pelo metrônomo.

As três primeiras hipóteses levantadas neste estudo diziam respeito à Situação Experimental 1. De acordo com a primeira, haveria diferença na média, mas não na variabilidade (desvio angular) da fase relativa contínua entre os padrões motores de saltar no pular corda, independente da freqüência de batida da corda. Além disso, a média da FRC seria maior no padrão de saltar com apoio simultâneo em relação ao padrão com apoio

alternado dos pés. Os resultados referentes a média da FRC (Ver 7.1.2) mostraram não haver diferença nas médias entre as condições e frequências, mas os resultados referentes ao desvio angular da fase relativa contínua mostraram maior variabilidade na condição do salto com apoio alternado em relação a condição com apoio simultâneo dos pés. Estes resultados mostram que independente da condição e frequência de batida da corda, a FRC se mantém constante. Isto significa que para a execução do pular corda nas condições e frequências do presente estudo, existe uma amplitude no valor da FRC que os participantes têm que manter para executar com sucesso o pular corda. Mas segundo estes resultados, quando os participantes executam o pular corda na condição com apoio simultâneo dos pés, eles executam com menor variabilidade na relação salto-corda em comparação com a condição de apoio alternado dos pés. Segundo Hiraga (1999) a variabilidade da fase relativa, no estudo da coordenação bimanual, expressa a consistência com que os segmentos interagem. A maior variabilidade da fase relativa contínua no padrão com apoio alternado pode dar margem a duas linhas de raciocínio pois, segundo Newell e Slifkin (1998), a baixa variabilidade pode ser indício de um sistema muito rígido, que não apresenta flexibilidade frente a perturbações no sistema, porém quando o desvio padrão do movimento é grande isto pode ser visto como instabilidade do sistema.

A semelhança no valor da média da fase relativa contínua das condições não era por nós esperada pois em estudo anterior, quando da análise da fase relativa discreta (FRD) em diferentes padrões motores de saltar (Silva et al., 2003b) menores valores da FRD foram obtidos na condição com apoio alternado em relação a condição com apoio simultâneo dos pés. Desta

maneira, a Hipótese 1 não foi confirmada. No entanto, variabilidade semelhante foi observada nas duas condições. As diferenças nos resultados entre estes dois experimentos podem ser atribuídas aos procedimentos utilizados para cálculo da fase relativa discreta naquele estudo e contínua no presente estudo. A principal diferença entre esses dois procedimentos é o número de pontos utilizados para o cálculo da fase relativa. Para cálculo da fase relativa discreta no pular corda foram utilizados apenas os valores do pico máximo da altura da corda e tornozelo, dentro de cada ciclo (SILVA et al 2003b). Para cálculo da fase relativa contínua no presente estudo foram utilizados os dados quadro a quadro da corda e tornozelo (ver item 5.4.6), ou seja, ponto a ponto. Segundo Kelso e colaboradores (1986), o baixo número de dados (pontos) utilizados para o cálculo da fase relativa discreta pode “mascarar” o comportamento da fase relativa quando no estudo da coordenação bimanual, o que consideramos também se aplica quando do estudo do pular corda.

Os resultados referentes a média e desvio angular da fase relativa indicaram não haver diferenças entre as frequências. Estes resultados já eram por nós esperados pois já haviam sido observados em estudo anterior de Bueno et al. (2003b) que envolveu duas frequências de batida de corda. Os estudos realizados por Pellegrini et al. (2003), Bueno et al (2003a) e Carvalho (2003), também mostraram não haver diferenças na média e desvio angular da fase relativa discreta entre as diferentes frequências.

A segunda hipótese previa que a média da altura dos saltos seria maior na condição com apoio simultâneo em relação à condição com apoio alternado dos pés no solo. Os resultados da análise estatística referentes a

altura dos saltos na Situação Experimental 1 (Ver 7.1.3) mostraram que a média da altura dos saltos foi significativamente maior na condição dos saltos com apoio simultâneo dos pés no solo do que na condição com saltos alternados. Os resultados referentes à altura do salto na Situação Experimental 1 mostram que na condição com saltos alternados o participante pode executar a ação motora do pular corda com uma menor impulsão, sugerindo um menor gasto energético e até mesmo um menor impacto do pés com o solo. Estes resultados confirmam estudos encontrados na literatura. (Pittenger et al., 2002; Silva et al., 2003). No primeiro estudo, os executantes apresentaram um maior tempo de voo no padrão de saltar com apoio simultâneo dos pés do que no padrão com apoio alternado, sugerindo uma maior altura no salto para o padrão de saltar com apoio simultâneo. No segundo estudo, os resultados mostraram maior força vertical dos saltos com apoio simultâneo dos pés no solo do que no padrão alternado, sugerindo também maior altura na condição com apoio simultâneo dos pés. O padrão das forças musculares e as forças reativas (Bernstein, 1967) são diferentes nestes dois padrões o que gera alturas diferentes no saltar ao pular corda.

Com relação a altura dos saltos entre as diferentes frequências, os resultados mostraram que a média da altura dos saltos foi significativamente maior na frequência média (1.7 Hz) do que na frequência mais lenta (1.5 Hz), mas nenhuma delas diferente da altura do salto na frequência de 1.9 Hz. Não há ainda na literatura um consenso sobre a relação entre a altura do salto e a frequência de batida da corda. Em estudo realizado por Carvalho (2003), a altura dos saltos foi menor na frequência mais alta, sendo que neste estudo os participantes executavam o pular corda em três frequências de batida da corda

(1.4, 1.6 e 1.8 Hz). Se admitirmos uma correlação positiva entre a duração da fase de vôo com a altura do salto, ou seja, quanto maior o tempo da fase de vôo maior a altura do salto, podemos então dizer que os estudos de Andrade et al. (2001) e Barreto (2000) mostram ainda resultados mais conflitantes, pois os resultados destes dois estudos sugerem que a duração da fase de vôo se mantém constante em diferentes frequências de batida da corda. Os resultados encontrados em relação a altura do salto do presente estudo confirmam parcialmente a segunda hipótese, no que diz respeito a condição.

A Hipótese 3 levantada previa que o intervalo de tempo entre o momento de perda do contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés seria maior no pular corda saltando com apoio simultâneo dos pés quando comparado com a condição saltando com apoio alternado. Os resultados do intervalo temporal na Situação Experimental 1 (Ver 7.1.4), mostraram que na condição com apoio simultâneo dos pés o intervalo temporal é maior do que na condição com apoio alternado. Estes resultados confirmam a Hipótese 3, sugerindo que quando os participantes executam o pular corda com apoio alternado dos pés, eles atrasam mais a retirada do pé de apoio do solo até a chegada da corda do que na condição com apoio simultâneo.

Este intervalo temporal é relativamente constante ao longo das frequências investigadas. Este resultado é muito interessante pois mostra que a posição da corda no momento em que o participante perde o contato com o solo, não é a mesma entre as diferentes frequências. O sucesso na execução do pular corda depende da percepção do tempo que a corda vai levar para chegar ao pé do executante que é constante, de modo que o início do salto varia com a frequência de batida da corda. Semelhantes resultados na

invariância do intervalo temporal entre diferentes frequências foram apresentados no estudo de Bueno et al. (2003b).

Na Situação Experimental 2, os participantes executaram o pular corda com escalonamento da frequência (*scaling frequency*), partindo de uma frequência lenta de batida da corda, aumentando gradativamente esta frequência até que fosse atingida a máxima frequência possível de batida da corda. Foram realizadas duas tentativas completas deste escalonamento, sendo uma iniciada com o padrão de saltar com apoio alternado e outra com apoio simultâneo dos pés no solo. A frequência de batida da corda não foi determinada externamente por um metrônomo, por isso os participantes iniciaram as seqüências nas frequências em que eles determinaram ser a mais lenta possível e elevaram esta frequência ao máximo possível, até a ocorrência do erro. O primeiro dado interessante neste estudo foi que para todos os sujeitos nas duas condições de salto, a seqüência lenta por eles escolhida para início foi ao redor de 1 Hz.

As hipóteses de números 4 e 5 dizem respeito ao escalonamento, sendo que a quarta hipótese previa não haver mudança no padrão de saltar quando a seqüência fosse iniciada no padrão de saltar com apoio alternado dos pés e a quinta hipótese previa mudança de padrão de saltar quando a seqüência dos saltos fosse iniciada no padrão de saltar com apoio simultâneo. Estas hipóteses foram baseadas no pressuposto dos estudos de coordenação bimanual de Kelso (1981, 1984) e no modelo HKB (HAKEN et al., 1985). Segundo estes autores, quando a frequência de oscilação do movimento é aumentada em certa magnitude, padrões menos estáveis tendem a mudar para padrões mais estáveis. Ao analisarmos as características dos padrões de

saltar no pular corda para este estudo, acreditávamos ser o padrão com apoio alternado dos pés mais apropriado para altas frequências de batida da corda, uma vez que tal padrão possui menor tempo de fase vôo (PITTENGER, et al., 2002) e conseqüentemente menor altura dos saltos (característica confirmada nos resultados na Situação Experimental 1, ver 7.1.3). Além disso, o estudo de Silva (et al., 2003b) mostrou que este padrão possuía um menor valor da fase relativa discreta, sugerindo que nesse padrão haveria um menor intervalo de tempo entre o saltar e a passagem da corda sob os pés (característica também confirmada nos resultados na Situação Experimental 2, ver 7.1.4).

Os resultados da Situação Experimental 2 mostraram não haver a mudança de padrão de saltar com apoio alternado para simultâneo, mas o inverso também não ocorreu, ou seja, não houve mudança do padrão de saltar com apoio simultâneo para alternado. Na verdade, o que foi observado a partir dos resultados é que ambos os padrões se mantiveram estáveis durante toda a seqüência, apresentando independente do padrão de saltar (alternado ou simultâneo) uma variação temporal dentro do próprio padrão em função da frequência de batida da corda. Como apresentado no item 7.2, os participantes apresentaram em ambas as condições um padrão de saltar com um sobre-salto, ou seja, um pequeno salto nas frequências mais baixas da batida da corda, sendo que quando era atingida a frequência de batida da corda de aproximadamente 1.7 Hz, este sobre-salto desaparecia. Dessa forma, a Hipótese 4 é confirmada e a Hipótese 5 é rejeitada.

Assim, da mesma forma como observado nos estudos da coordenação bimanual que exploraram o aumento da frequência de oscilação dos movimentos (HAKEN et al 1985; KELSO 1981, 1984; KELSO et al., 1986;

TEMPRADO et al., 2002; WALLENSTEIN et al., 1995) também no presente estudo detectamos mudança de padrão, mas não relacionada com a mudança no valor da fase relativa contínua, como nos clássicos experimentos de coordenação bimanual, pois segundo os resultados da Situação Experimental 2 o valor da média da fase relativa contínua se manteve constante. A fase relativa é a variável coletiva que melhor descreve o padrão motor como um todo, ou seja, a fase relativa é considerada a variável responsável por caracterizar a coesão no relacionamento dos elementos constituintes do padrão motor, no caso o relacionamento entre as mãos (KELSO, SHÖNER 1988; TURVEY, 1990). Através dos resultados da fase relativa contínua na Situação Experimental 2, percebemos que nos estudos do pular corda a fase relativa contínua não capta as diferenças entre os padrões de saltar, pois apesar de algumas variáveis terem mostrado diferenças entre os dois padrões (altura do salto e intervalo temporal) estas não foram refletidas nos valores da média da fase relativa contínua. O intervalo temporal parece captar melhor a relação entre o salto e a corda no pular corda e pode ser considerada a variável coletiva para este tipo de relação do movimento corporal com o movimento de um objeto.

Com base nos pressupostos da abordagem dos sistemas dinâmicos, a frequência de batida da corda, foi caracterizada neste estudo como o parâmetro de controle. Segundo Turvey (1990), o parâmetro de controle é uma variável ou componente que leva o sistema a mudar de um estado para outro. Analisando os resultados da Situação Experimental 2, observamos que esta variável desempenhou muito bem o seu papel de parâmetro de controle, pois decorrente de seu aumento, houve uma variação

temporal dentro dos padrões, provocando mudanças na média e na variabilidade das variáveis analisadas entre as seqüenciais, ditando o comportamento do pular corda antes e após a mudança do padrão, ou seja, com e sem sobre-salto.

Fazendo uma análise mais detalhada do comportamento desta variável observamos resultados interessantíssimos durante o escalonamento na Situação Experimental 2. Ao analisarmos as Figuras 9 e 10 (páginas 59 e 60), como já citado anteriormente, percebemos que em ambas as condições os participantes iniciaram o pular corda por volta da frequência de 1 Hz de batida da corda. Estes mesmos resultados podem ser visualizados na Figura 11 (página 62). Os resultados da análise da frequência de batida da corda (Ver 7.2.1), mostraram não haver diferenças entre as condições ao longo do escalonamento na Situação Experimental 2. Estes resultados são muito interessantes pois apesar dos participantes não terem tido um controle externo da frequência de batida da corda através de um metrônomo e não terem executado o mesmo número de saltos, eles iniciaram e finalizaram as suas seqüências em frequências semelhantes nas duas condições, sendo a frequência dos saltos iniciais de ambas as condições no escalonamento foi em torno de 1 Hz e dos saltos finais em torno de 2.5 Hz.

A manipulação da frequência é procedimento comum nos estudos que envolvem habilidades motoras cíclicas e nos estudos com o pular corda as diferentes frequências de batida da corda servem para análise do comportamento de determinadas variáveis, como: fase relativa, altura do salto, variação angular dos membros inferiores e outras mais. Na literatura encontramos referência à frequência natural, na qual as ações humanas seriam

naturalmente mais estáveis o que faz com que em muitos estudos se utilize a frequência escolhida pelo participante ou frequências lenta, média e rápida. Qual seria o critério para esta classificação? A diferença da média da frequência de batida da corda entre os saltos iniciais e finais no escalonamento (Situação Experimental 2) foi de aproximadamente 1,5 Hz, ou seja, os participantes variaram da mais lenta para a mais rápida 1.5 Hz. Em estudos com o pular corda, esta variação tem ficado em torno de 0.5 Hz (BARRETO, 2000; BUENO et al 2003a, 2003b; CARVALHO, 2003; PELLEGRINI et al., 2003), ou seja, três vezes menos do que a diferença observada no presente estudo.

Outro dado muito interessante relacionado com a frequência de batida da corda está no salto em ocorre a transição do padrão de saltar com sobre-salto para padrão sem sobre-salto no curso do escalonamento. Nas duas condições, esta mudança ocorre em torno de 1,7 Hz. Também de interesse para o presente estudo está o fato dos sujeitos realizarem quantidades diferentes de saltos no escalonamento como um todo, mas as frequências iniciais, finais e a frequência de batida da corda no momento em que ocorreu a mudança de padrão não foram diferentes entre os dois padrões, ou seja, independente do padrão de saltar executado, a frequência de batida da corda é determinante para a emergência de um novo padrão de movimento do saltar.

Como já foi dito anteriormente, a Situação Experimental 2 foi delineada com base nos estudos de coordenação bimanual em que o parâmetro de controle - frequência de oscilação do movimento – era manipulado em diferentes padrões de movimentos, com o intuito de verificar a

estabilidade do padrão, provocando mudanças de um estado menos estável para outro mais estável (HAKEN et al., 1985; KELSO, 1981, 1984; KELSO et al., 1986; TEMPRADO et al., 2002; WELLENSTEIN, 1995). Estes estudos utilizam a fase relativa para identificar o padrão de coordenação entre as mãos em movimento e a sua variabilidade, em termos de desvio angular. Segundo Scholz e Kelso (1989), mudanças nos modos coordenativos ocorrem quando o parâmetro de controle gera um estado crítico para o sistema e levam à emergência de um novo padrão. Esta mudança de padrão, nos estudos da coordenação bimanual, é caracterizada por uma abrupta mudança no valor da fase relativa, a qual é precedida por um aumento na variabilidade (WALLENSTEIN et al., 1995). Nos resultados do escalonamento no pular corda na Situação Experimental 2, observamos uma mudança temporal no modo de coordenação em ambos os padrões, ou seja, o aumento do parâmetro de controle (frequência de batida da corda) levou o sistema a um estado crítico, forçando os elementos do sistema a se reorganizarem para o surgimento de uma nova forma de coordenação que fosse mais adequada diante dos novos valores do parâmetro de controle. Assim como nos estudos da coordenação bimanual, esta mudança foi precedida por um aumento na variabilidade da fase relativa contínua (Ver.7.2.2, Figura 10), mostrando aumento da instabilidade do sistema antes da mudança do padrão. Mas diferentemente dos resultados dos estudos com a coordenação bimanual, esta mudança não foi caracterizada por uma abrupta mudança no valor da fase relativa. Tanto na Situação Experimental 1 quanto na 2 (escalonamento), a média da fase relativa contínua não foi diferente entre as condições e entre as frequências ou seqüências, mas em ambas as situações experimentais foram encontradas diferenças na sua

variabilidade, identificando diferentes níveis de estabilidade. Estes resultados sugerem que a fase relativa contínua nos estudos com o pular corda talvez não possa ser utilizada como forma de identificar o padrão de movimento como nos estudos da coordenação bimanual. Os resultados do presente estudo mostram dois modos de coordenação distintos no pular corda, os saltos com apoio simultâneo e com apoio alternado dos pés, mas os valores da fase relativa contínua não refletem estas diferenças.

Outras variáveis foram analisadas no presente estudo com o intuito de captarmos o maior número possível de informações sobre estes diferentes padrões de saltar, em específico na Situação Experimental 2, os diferentes comportamentos destas variáveis antes e após a mudança no modo de coordenação. Analisando a altura do salto entre as condições na Situação Experimental 2 (Ver 7.2.3), observamos que altura do salto no padrão com apoio simultâneo dos pés é maior do que com apoio alternado dos pés. Este resultado já era esperado, pois confirmam resultados da Situação Experimental 1 (Ver. 7.1.3), e os observados nos estudos de Pittenger et al. (2002) e de Silva et al (2003). O mais interessante nesta análise da altura do salto, foram os resultados entre as seqüências ao longo do escalonamento, pois a média da altura do salto nos saltos finais foi maior do que nos saltos posteriores a mudança de padrão. Estes resultados não confirmam os resultados de Carvalho (2003) em que menor altura do salto na frequência de 1.8 Hz foi observado do que nas frequências de 1.4 e 1.6 Hz. Como citado anteriormente, a média da frequência de batida da corda nos saltos finais do escalonamento foi de 2.5 Hz e nos saltos posteriores a mudança de padrão foi de 1.85 Hz. Apesar da frequência de batida corda ter sido maior nos saltos finais do que

nos saltos posteriores a mudança, os participantes executaram os saltos mais altos no final do escalonamento pois estavam em uma frequência de batida muito alta, 0.7 Hz a mais do que a frequência mais alta do estudo de Carvalho (2003). É importante levar em consideração que no presente estudo, ao final do escalonamento, os participantes estavam próximos do erro, o que deve ter influenciado estes resultados.

Assim como a fase relativa, o intervalo temporal entre a perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés, trata da relação entre os dois ciclos oscilatórios do pular corda, ou seja, a trajetória da corda e do salto. Assim como na Situação Experimental 1, o intervalo temporal na Situação Experimental 2 foi maior na condição com apoio simultâneo em relação a condição com apoio alternado dos pés, demonstrando que o padrão com apoio alternado atrasa temporalmente o início da fase vôo para a ultrapassagem da corda sob os pés. Os resultados com o intervalo temporal entre as seqüências do escalonamento foram também muito interessantes pois a média foi maior nos saltos posteriores a mudança do padrão do que nos saltos finais (Ver. 7.2.4). Diferentemente ao comportamento da fase relativa contínua, esta variável se mostrou suscetível a frequência de batida corda, pois foram nos saltos finais onde os participantes atingiram as maiores frequências de batida da corda que o valor da média do intervalo temporal se alterou significativamente em relação aos saltos após a mudança do padrão.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como foco a habilidade motora do pular corda. Tal habilidade, considerada de alta complexidade, necessita de um perfeito acoplamento espaço-temporal entre o saltar e a trajetória da corda para que o executante realize a ação motora com sucesso. O comportamento deste acoplamento espaço-temporal, representado no presente estudo pela fase relativa contínua, foi investigado em diferentes padrões de saltar (salto com apoio simultâneo e alternado dos pés) e em diferentes frequências de batida da corda. O comportamento da variável coletiva, a fase relativa contínua, também foi investigada em um procedimento experimental no qual os valores do parâmetro de controle (frequência de batida da corda) foi aumentado, permitindo avaliar, a estabilidade dos diferentes padrões motores do saltar em questão.

O interesse na análise desta complexa habilidade motora surgiu a partir do momento que percebemos que o pular corda se constitui num meio pelo qual podemos avançar em nossa compreensão sobre os mecanismos subjacentes à coordenação e controle motor, mais especificamente sobre a relação percepção-ação no comportamento motor. No desenvolvimento deste estudo, tomamos consciência dos vários mecanismos subjacentes ao controle

e coordenação dos movimentos envolvidos na execução desta tarefa que é praticada com muita naturalidade por uns e praticamente impossível de ser realizada por outros. Estas virtudes do pular corda, se assim podemos dizer, fazem dela uma grande janela para o entendimento do ciclo percepção-ação do comportamento motor, pois o acoplamento espaço-temporal entre a trajetória da corda e salto, precisam estar em perfeita harmonia. Assim, vimos no pular corda uma importante ferramenta para a compreensão dos mecanismos subjacentes do controle e coordenação do movimento humano.

O principal pressuposto deste estudo foi de que diferentes padrões de saltar no pular corda possuem diferentes relações espaço-temporais entre os membros inferiores, podendo levar um padrão a ser mais estável que outro frente a mudanças nos valores do parâmetro de controle. Com o intuito de investigarmos as características e diferenças entre dois padrões em diferentes frequências de batida da corda, foi delineado uma Situação Experimental 1, na qual ambos os padrões do pular corda foram executados em três frequências de batida da corda (1.5, 1.7 e 1.9 Hz). Em um segundo momento, com o intuito de investigar a estabilidade de tais padrões, foi delineada a Situação Experimental 2, na qual ambos os padrões foram executados em um escalonamento da frequência de batida da corda, sendo que a tentativa iniciava em uma frequência bem lenta até que a máxima velocidade possível de batida da corda fosse alcançada, ocorrendo o erro. Em ambos os delineamentos experimentais, foram investigadas a frequência de batida da corda, fase relativa contínua, altura do salto e intervalo temporal entre o momento da perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés.

A frequência de batida da corda foi considerada no presente estudo como parâmetro de controle, sendo ela responsável por levar o sistema a estados de instabilidade diante da variação dos seus valores (KELSO, SHÖNER 1988; TURVEY 1990). Vimos nos resultados da Situação Experimental 2 que a frequência de batida da corda desenvolveu muito bem o papel de parâmetro de controle, pois ela foi responsável por provocar mudanças nos modos de coordenação e controle no pular corda diante do aumento de seus valores. Além disso, diante dos resultados na Situação Experimental 1, ficou evidente a grande capacidade rítmica do ser humano em sincronizar diferentes frequências emitidas por sinais sonoros de um metrônomo digital com a execução de uma tarefa tão complexa quanto o pular corda.

Tratamos neste estudo de dois padrões de saltar no pular corda os quais tínhamos pouquíssimas informações vindas da literatura, principalmente informações relacionadas com os protocolos experimentais desenvolvidos para este estudo. Importantes informações relacionadas a estes dois padrões foram observadas. Ficou muito bem documentado que o salto no padrão com apoio alternado dos pés é executado com menor altura e menor intervalo temporal em relação ao padrão com apoio simultâneo. Em termos de estabilidade, estes padrões não apresentaram diferenças entre si pois diante do escalonamento, onde ocorreu mudança no valor parâmetro de controle com o intuito de levar o sistema a estados de instabilidade, não houve diferenças na variabilidade da fase relativa.

No presente estudo a fase relativa contínua foi caracterizada como parâmetro de ordem ou variável coletiva, sendo ela responsável por

caracterizar o padrão motor (KELSO, SCHÖNER, 1988; TURVEY, 1990). Os resultados do presente estudo não mostraram, em nenhum momento, diferenças nos valores da média da fase relativa contínua. Isto nos leva a assumir que estes dois padrões, apesar de apresentarem algumas características que os diferenciam, como altura do salto e intervalo temporal, eles mantiveram a mesma relação temporal entre a trajetória da corda e salto, medida pela fase relativa contínua.

Acreditamos que o fato mais inovador neste estudo foi a aplicação de um delineamento experimental clássico dos estudos da coordenação bimanual no pular corda. O simples fato da ação de pular corda exigir do executante uma capacidade rítmica motora muito bem desenvolvida, aliada à possibilidade de manipular a frequência de batida da corda para estudo das estabilidades dos diferentes padrões e a análise do comportamento de tantas outras variáveis, se constituiu numa oportunidade valiosa para verificarmos o intrincado relacionamento dos elementos constitutivos de uma habilidade complexa.

Ambos os padrões apresentaram um padrão de saltar com sobre-salto nas frequências mais baixas de batida da corda, sendo que este sobre-salto desaparece quando esta frequência chega por volta de 1.7 Hz. Assim como visto nos estudos da coordenação bimanual, a mudança de padrão no pular corda foi precedido por um aumento na variabilidade da fase relativa contínua, mas esta mudança não foi caracterizada por uma mudança abrupta no valor da média da fase relativa contínua. Acreditamos que o modelo experimental usado para estudo da coordenação bimanual pode ser utilizado

com restrições no estudo da coordenação da sincronização de um movimento corporal com o movimento de um objeto externo.

Muito ainda está por ser contribuído nas diversas áreas do conhecimento com estudos com o pular corda, mas diante das propostas do presente trabalho acreditamos ter alcançado os objetivos. Com base no referencial teórico utilizado e através das análises desenvolvidas com a aplicação dos delineamentos experimentais, pudemos dar mais um passo na compreensão dos modos de coordenação e controle dos movimentos na habilidade motora do pular corda. Entretanto, consideramos que outras pesquisas se fazem necessárias com diferentes métodos de análise para melhor entendimento da coordenação e do controle da execução da habilidade motora em destaque, o pular corda.

9. REFERÊNCIAS

ABDEL-AZIZ, Y. L.; KARARA, H. M. Direct linear transformation from compactor coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. In: **PROCEEDING OF APS/UI SYMPOSIUM ON CLOSE RANGE PHOTOGRAMMETRY**. American Society of photogrammetry , p.01-18, 1971.

ANDRADE, E. C.; CARVALHO, W. R. G.; PELLEGRINI, A. M. Informação proprioceptiva no pular corda. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE. 24, 2001 São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2001. p. 179.

ATLAN, H. **Entre o Cristal e a Fumaça**. Rio de Janeiro: Zahar, 1992. cap. 1, p. 9-53.

BAKER, J. A. Comparison of rope skipping and jogging as methods of improving cardiovascular efficiency of college men. **Research Quarterly**. n. 39, p. 240-243. 1968.

BARELA, J. A. Ciclo percepção-ação no desenvolvimento motor. In: Teixeira, L. A (Ed.). **Avanços em comportamento motor**. Movimento: São Paulo, 2001.

BARELA, J. A. Perspectiva dos sistemas dinâmicos: teoria e aplicação no estudo do desenvolvimento humano. In: PELLEGRINI, A. M. (Org.). **Coletânea de estudos de desenvolvimento motor I**. São Paulo: Movimento, 1997. p 11-28.

BARRETO, S. M. G. **Estabilidade na organização temporal relativa do pular corda**. 2000. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BARROS, R. M. L.; BRENZIKOFER, R.; LEITE, N. J.; FIGUEROA, P. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, Rio de Janeiro, v.15, n. 1-2, 1999. p.79-86.

BERNSTEIN, N.A. **The co-ordination and regulation of movements**. London, Pergamon Press, 1967.

BRESCIANI, F. E.; D'OTTAVIANO, I. M. L. *Conceitos básicos de sistema dinâmico caótico*. In: D'OTTAVIANO, I. M. L, GONZALES, M. E. Q., SOUZA, G. M. **Auto-organização**. CLE/Unicamp, Campinas, 2003: IN PRESS.

BRUNER, J. S. Organization of early skilled action. **Child Development**, 1973, v44, 1-11.

BUENO, F.C.R.; SILVA, L.H; PELLEGRINI, A. M. Freqüência Preferida e Freqüência Imposta no Pular Corda em Adultos. In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIAS DO DESPORTO DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA. 9., 2002, São Luís. **Anais...** São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2002. p. 189.

BUENO, F.C.R.; CARVALHO, W. R. G.; PELLEGRINI A. M. Rope jumping performance: variability as a function of rope frequency. In: 12th International Conference on Perception and Action. **Proceedings of the 12th International Conference on Perception and Action**. Gold Coast, Australia. p. 63. 2003a.

BUENO, F. C. R.; CARVALHO, W. R. G.; PELLEGRINI, A. M. Variabilidade no pular corda em função da freqüência de corda. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA E MOTRICIDADE HUMANA; IX SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA. 3. Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: Movimento, 2003b. p.164 - 165.

CARVALHO, W. R. G. **Ajustes no pular corda em função da freqüência de corda e da informação sensorial**. 2003. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

CARVALHO, W.R.G.; ANDRADE, E.C.; PELLEGRINI, A.P. A natureza da Informação Sensorial no Pular Corda. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 24., 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2001. p. 143.

CONNOLLY, K. J. **Mechanisms of motor skill development**. New York: Academic Press. 1970.

DEBRUN, M. M. A idéia de auto-organização. In: DEBRUN, M., GONZÁLES, M. E. Q. e PESSOA Jr, O. (Org.). **Auto-Organização**. Campinas: UNICAMP, 1996, p. 3 - 23. (Coleção CLE, n. 18).

FOSTER, C. J.; ANHOLM, N.; FAIRMAN, et al. Determinants of world record rope skipping performance. **Physiology Sportsmed**, v. 8, n. 2, p. 65-71, 1960.

FORSSBERG, H. Ontogeny of human locomotor control. Infant stepping, supported locomotion, and transition to independent locomotion. **Experimental Brain Research**, v 57, p. 480-493, 1985.

GALLISTEL, C. R. **The organization of Action**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1980. p. 69-110.

GESELL, A. The ontogenesis of infant behavior. In L. Carmichael (Ed), **Manual of child psychology**. 2a ed. (pp. 335-573). New York: Wiley, 1954.

GIBSON, J. J. **The senses considered as perceptual systems**. Boston, Houghton-Mifflin, 1966.

GIBSON, J. J. **An ecological approach to visual perception**. Boston, Houghton-Mifflin, 1979.

HAKEN, H.; KELSO, J. A. S.; BUNZ, H. A theoretical model of phase transitions in human hand movements. **Biological Cybernetics**, n. 51, p. 347 - 356, 1985.

HIRAGA, C. Y. **Efeitos da preferência manual e das dimensões espaciais da tarefa na coordenação intramembros**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

HIRATA, R. G., MARINOVIC, W., DANTAS, L. P. B. T., MEIRA JR. Padrão cinemático do pular corda auto-controlado antes e após a prática: um estudo exploratório. . In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA E MOTRICIDADE HUMANA; IX SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA. 3. Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: Movimento, 2003. p.156.

JONES, D. M.; SQUIRES, C.; RODAHL, K. Effect of rope skipping on physical work capacity. **Research Quarterly**. v. 33, p. 236-238, 1962.

KASCH, F. W. Rope skipping offers a good aerobic alternative. **Physiology. Sportsmed**. v. 4, n. 4, p. 122. 1976.

KELSO, J.A.S. **On the oscillatory basis of movement**. Bulletin of the Psychonomic Society, v. 18, p. 63, 1981.

KELSO, J.A.S. Phase transitions and critical behaviour in human bimanual coordination. **American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**. 15:R 1000-R1004. 1984.

KELSO, J.A.S. **Dynamic patterns**: The self-organization of brain and behaviour. Cambridge: MIT Press. 1995.

KELSO, J. A. S.; SCHÖNER, G. Self-organization of coordinative movement patterns. **Human Movement Science**, v. 7, p. 27 - 46, 1988.

KELSO, J. A. S., SCHOLZ, J. P. Cooperative phenomena in biological motion. In HAKEN, H. (ed). **Complex System**: operational approaches in neurobiology, physical system and computers. Berlin: Springer-Verlag. p 124-149. 1985.

KELSO, J. A. S.; SCHOLZ, J. P.; SCHÖNER, G. Nonequilibrium phase transition in coordinated biological motion: critical fluctuations. **Physics Letters**. v. 118, n. 6, p. 279-284, 1986.

KUGLER, P. N.; KELSO, J. A. S.; TURVEY, M. T. On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretical lines of convergence. In STELMACH, G. E; REQUIN, J. (Ed.). **Tutorials in motor behavior**. Amsterdam, North-Holland. 1980. p. 03-47. Advances in psychology, 1.

KURTZ, M. J.; STERGIOU, N. Effect of normalization and phase angle calculations on continuous relative phase. **Journal of Biomechanics**. v. 35, 2002, 369-374

MAGILL, R. A. **Aprendizagem motora**: conceitos e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

MCGRAW, M.B. **The neuromuscular maturation of the human infant**. New York: Columbia University Press, 1945.

MEYER-LINDENBERG, A.; ZIEMANN, U.; HAJAK, G.; COHEN, L.; BERMAN, K. F. Transitions between dynamical states of differing stability in the human brain. **PNAS**, v.99, nº17, 2002, p 10948 – 10953.

MICHAELS, C. F.; CARELLO, C. **Direct Perception**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1981.

MONNO, A.; CHARDENON, A.; TEMPRADO, J. J.; ZANONE, P. G.; LAURENT, M. Effects of attention on phase transitions between bimanual coordination patterns: a behavioral and cost analysis in humans. **Neuroscience Letters**, n. 283, p. 93 - 98, 2000.

NEWELL, K. M. Constraints on the development of coordination. In: WADE, M. G.; WHITING, H. T. A. (Ed.). **Motor development in children: aspects of coordination and control**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p. 341 - 360.

NEWELL, K. M; CORCOS, D. M. Issues in Variability and Motor Control. In: NEWELL, K. M; CORCOS, D. M (eds) **Variability and Motor Control**. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1993, p. 01-12.

NEWELL, K. M., SLIFKIN, A. B. The nature of movement variability. In: PIEK, J. P. (Ed.). **Motor Behavior and human skill**. Human Kinetics: Champaign, p. 141-160. 1998.

PELLEGRINI, A. M. Auto-organização e Desenvolvimento motor. In: DEBRUN, M., GONZALES, M. E.; PESSOA Jr., (Org.). **Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências cognitivas e humanas e artes**. Campinas: UNICAMP. Coleção CLE, 1996. p. 299 -318.

PELLEGRINI, A. M., BUENO, F. C. R, SILVA, CARVALHO, W. R. G. Rope jumping performance: flexibility in the temporal coupling. In: NASPSA Conference, Savannah, **Journal of Sport & Exercise Psychology**. V. 25, p. S108-S108. 2003.

PELLEGRINI, A. M.; SILVA, L. H., BUENO, F. C. R. **Rope Jumping Performance Variability**. Abstracts of the 20th International Australasian Winter Conference on Brain Research. p 21, Mountain View Lodge, Queenstown.

2002.

PITRELI, J.; O'SHEA, P. Pular corda: a biomecânica, técnica e a aplicação no condicionamento físico. **Sprint**, v.1, n.3, maio/junho, 1989. p. 6-16.

PITTENGER, V. M; MCCAWE, S. T; THOMAS, D. Q. Vertical Ground Reaction Forces of Children During One- and Two-Leg Rope Jumping. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. v. 73, n. 4, p.445 - 449, 2002.

SCHMIDT, R. A. **Aprendizagem e performance motora**. São Paulo: Movimento. 1993.

SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**, 1975, v32, p. 225-260.

SCHOLZ, J. P.; KELSO, J. A. S. A quantitative approach to understanding the formation and change of coordinated movement patterns. **Journal of Motor Behavior**, 1989, v. 21, n. 2, p. 122 - 144.

SCHÖNER, G., HAKEN, H., KELSO, J. A. S. A stochastic theory of phase transition in human hand movement. **Biological Cybernetics**. p. 442-452. 1986.

SILVA, L. H.; BUENO, F. C. R.; CARVALHO, W. R. G; PELLEGRINI, A. M. A organização espaço temporal no pular corda em função de sincronia com estímulo externo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA (SBPC). 55., 2003a, Recife, **Anais...** Recife: SBPC, CD ROW.

SILVA, L. H.; BUENO, F. C. R.; CARVALHO, W. R. G; PELLEGRINI, A. M. Padrões motores no pular corda: sincronização com estímulo externo. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL MICHEL DEBRUN, 7., 2003, Campinas. Novas tendências das ciências cognitivas no século XXI. **Anais...** Campinas: IHCH, 2003b.

SILVA, L. H.; BUENO, F. C. R.; PELLEGRINI, A. M. Comportamento da força de reação do solo no ato de pular corda em diferentes bases de suporte. In CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA E MOTRICIDADE HUMANA; IX SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA. 3., 2003, Rio Claro, **Anais...** Rio Claro: Movimento, p. S164 - S165.

SILVA, L.H.; BUENO, F.C.R.; PELLEGRINI, A.M. ***Interferência da atividade mental no pular corda***. Resumo publicado nos Anais do 9º Congresso de Educação Física e Ciências do Desporto dos Países de Língua Portuguesa. p. 210. 2002. São Luís/MA – Brasil

SOUSA, G. M.; OLIVEIRA, R. F. **Estabilidade e Complexidade em Sistemas Biológicos**. Trabalho de elaboração de conceitos não publicado, apresentado em seminário de Auto-Organização do Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 2003. 10p. UNICAMP. 2ª versão.

STROGATZ, S. H. **Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering**. Addison-Wesley Publishing Company, 1994.

TEMPRADO, J. J.; CHARDENON, A.; LAURENT, M. Interplay of biomechanical and neuromuscular constraints on pattern stability and attentional demands in a bimanual coordination task in human subjects. **Neuroscience Letters**, 2001, v. 303, p. 127 - 131.

TEMPRADO, J. J.; MILIEX, L.; GRÉLOT, L.; COYLE, T.; CALVIN, S.; LAURENT, M. A dynamic pattern analysis of coordination between breathing and rhythmic arm movements in human. **Neuroscience Letters**, 2002, v 329, p. 314-318.

THELEN, E.; SMITH, L. B. **A dynamic system approach to the development of cognition and action**. Cambridge: MIT Press, 1994.

TOWN, G. P.; SOL, N. & SINNING, W. E. The effect of rope skipping rate on energy expenditure of males and females. **Medicine and science in sports and exercise**. v. 12, n. 4, p. 259 - 298, 1980.

TURVEY, M. T. Coordination. **American Psychologist**, v. 45, n. 8, 1990. p.938 - 953.

TURVEY, M.T .; FITCH, H. L.; TULLER, B. The Bernstein perspective: I. The problems of degrees of freedom and context-conditioned variability. In: KELSO, J. A. S. (Ed.), **Human motor behavior: an introduction**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1982. p. 239 - 252.

WALLENSTEIN, G.V.; KELSO, J.A.S.; BRESSLER, S.L. Phase transition in

spatiotemporal patterns of brain activity and behavior. **Physica D**, v.84, 1995, p. 626 – 634.

WEINECK, J. **Treinamento Ideal**. São Paulo: Manole, 1999.

WINTER, D. A. **Biomechanics and motor control of human movement**. 2ed. University of Waterloo, Waterloo, Ontário, Canadá, 1990.

ZATSIORSKY, V. M. **Kinematics of human motion**. Champaign: Human Kinetics, 1998.

ABSTRACT

In the execution of rope jumping, we can commonly identify two distinct patterns of jumping: the jump with the feet touching the floor alternately and with the feet touching the floor simultaneously. However, do both have the same stability in different frequencies of rope beat? Do these patterns present the same behavior during a gradual increase of rope beat until the maximum speed possible is reached? With the aim of answering these questions, two experimental situations of jump rope were developed, with the voluntary participation of eight male university students. In Experimental Situation 1 (ES1), the participants performed the rope jumping in two different conditions (jump with alternate feet support), at three different frequencies of rope beat (1.5, 1.7 and 1.9 Hz) with the rope being controlled by the student himself and the frequency being determined by a digital metronome that emitted a sound signal. In Experimental Situation 2 (ES2), the same participants performed the jump rope starting in a slow frequency of rope beat until the maximum frequency possible was reached. In both situations, the participants' performances were registered by 2 digital cameras to obtain tridimensional images. With the objective of obtaining data for the Continuous Relative Phase (CRP), height of jump, frequency of rope beat and temporal interval between the loss of contact of the feet from the floor and passage of rope under the feet, passive marks were attached on the rope and in the ankle joint (lateral malleolus) and hip (greater trochanter). For statistical analyses, Analysis of Variance with repeated measurements were employed and the posterior test of Tukey HSD ($p < .05$) was utilized when necessary. The average of the CRP turned out invariant between the conditions in ES1 as well as in ES2, but the variability was bigger in the condition with the alternate support of the feet in ES1. In ES2 all the participants showed a change in pattern in both the conditions, such that this change was preceded by an increase in the variability of the CRP. Both the average height of jump and the average of the temporal interval were bigger in the condition with simultaneous feet support in both the experimental situations. In general, the results showed differences between the two patterns, but these differences have not been picked up by the CRP. As a

result, we suggest that the temporal interval seems to pick up better the relation between the jump and the rope in the rope jumping performance and the collective variable could be considered for this kind of relationship of corporal movement with the movement of an object in motion.

ANEXO 1

Projeto de pesquisa: A ESTABILIDADE DO PULAR CORDA EM DIFERENTES
PADRÕES MOTORES DO SALTAR.

Formulário de Informação e Consentimento

Departamento de Educação Física

IB/ UNESP/ Rio Claro

O presente estudo tem como objetivo verificar o acoplamento espaço-temporal entre o saltar no pular corda e a trajetória da corda em diferentes padrões motores e em diferentes frequências de batida de corda.

O participante vestirá uma roupa específica para a coleta (calça de lycra preta e meias pretas) que será fornecida pelo experimentador. Serão coletados dados de altura, e comprimento das pernas. Então o participante se posicionará na área indicada e aguardará o comando de “ATENÇÃO... GRAVANDO” para pular corda, parando somente após ouvir o comando de “CESSAR”, expresso pelo experimentador. Nesta fase inicial da coleta, cada sujeito realizará vinte ciclos completos do pular corda, em cada uma das frequências: 1.5, 1.7 e 1.9 Hz. Uma única sequência de prática para cada frequência de corda será dada para adaptação à frequência imposta. A frequência de corda será determinada externamente por um metrônomo digital que emite sinal sonoro. Entre as tentativas haverá um intervalo de descanso de 2 minutos. Em seguida os participantes realizarão uma tentativa de 30 ciclos em sequência nas frequências impostas sendo a primeira sequência do pular corda com apoio alternado dos pés no solo e a segunda com apoio simultâneo. Caso o participante cometa algum erro na tentativa ele reiniciará a tentativa a fim de completar uma série de 30 saltos consecutivos em cada condição nas três frequências.

O participante realizará mais duas tentativas do pular corda saltando com apoio alternado dos pés ou apoio simultâneo em uma frequência lenta de batida da corda, sendo que esta frequência será determinada pelo próprio executante, aumentada gradativamente através do comando do experimentador a cada 5 ciclos aproximadamente, até que se alcance a frequência mais rápida possível. A ordem do saltar com apoio alternado ou simultâneo será contrabalançada entre os sujeitos, com a metade deles começando com apoio alternado dos pés e metade com apoio simultâneo. Sempre que sentirem necessidade de modificar o modo de contato com o solo os participantes poderão fazê-lo naturalmente.

Para os participantes, os riscos de acidente são praticamente inexistentes, pois pular corda é uma atividade que faz parte do repertório motor do ser humano desde o período da infância. O esforço exigido é de intensidade moderada e sempre haverá um tempo de descanso entre as tentativas. Além disso, uma pessoa permanecerá próxima para evitar possíveis acidentes. Os dados serão coletados em uma quadra poliesportiva sob uma superfície estável, diminuindo a possibilidade de algum desequilíbrio por parte do participante. Porém caso ocorra qualquer tipo de acidente, como entorses, quedas, escoriações ou contusões, serão seguidos os procedimentos de primeiros socorros. Se necessário, o participante será encaminhado ao Pronto Atendimento pela pesquisadora e todo e qualquer gasto referente a acidente que porventura possa ocorrer durante a coleta de dados será coberto pela pesquisadora, responsável por este estudo.

O tempo total de coleta será de aproximadamente 35 minutos.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**Código do Participante:** _____

Eu, _____ estou suficientemente esclarecido quanto aos objetivos, procedimentos, benefícios e riscos envolvidos no estudo. Recebi respostas satisfatórias às minhas indagações relativas ao estudo e estou consciente de que posso retirar-me do experimento a qualquer momento e por qualquer razão. Autorizo a utilização dos dados coletados com a minha participação para fins de ensino e pesquisa.

DADOS PESSOAIS**NOME:** _____**ENDEREÇO:** __________ **CEP:**_____ **TELEFONE:** _____**DATA DE NASCIMENTO:** _____/_____/_____

Rio Claro, de de 2003.

Assinatura do Participante

Controle da Coleta de Dados

CONDIÇÕES

1. 30 saltos com os pés alternados na frequência de 1.5 Hz.
2. 30 saltos com os pés simultâneos na frequência de 1.5 Hz.
3. 30 saltos com os pés alternados na frequência de 1.7 Hz.
4. 30 saltos com os pés simultâneos na frequência de 1.7 Hz.
5. 30 saltos com os pés alternados na frequência de 1.9 Hz.
6. 30 saltos com os pés simultâneos na frequência de 1.9 Hz.
7. Pular corda com os pés alternados com aumento e diminuição da frequência da batida da corda.
8. Pular corda com os pés simultâneos com aumento e diminuição da frequência da batida da corda.

Sujeito #: _____ Data da coleta: _____

	Freq. 1.5 Hz		Freq. 1.7 Hz		Freq. 1.9 Hz		"Scaling Frequency"	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
T1								
T2								
T3								
T4								

Informações

adiicionais _____

ANEXO 2

TABELA 1

Idade, estatura e comprimento da marca do quadril até o chão com o sujeito na posição ereta (N = 8).

Código do sujeito	Idade (meses)	Estatura (cm)	Comprimento da marca do quadril até o chão (cm)
1	242	179	85,9
2	294	183	91,6
3	276	173	80,1
4	283	184	89,6
5	283	176	76,6
6	297	185	85,3
7	296	182	82,0
8	300	187	86,4
Média	283,8	181,12	84,6
DP	18,8	4,76	4.9

TABELA 2

Ordem de execução do pular corda por Sujeito em função da condição (C1-salto com os pés alternados e C2-salto com os pés simultâneos) e frequência da corda: 1.5, 1.7 e 1.9 Hz (F1, F2 e F3, respectivamente), Situação Experimental 1.

ORDEM DE EXECUÇÃO						
Ss	Condição e Frequência					
1	C1F1	C2F1	C1F3	C2F3	C1F2	C2F2
2	C1F3	C2F3	C1F1	C2F1	C1F2	C2F2
3	C1F3	C2F3	C1F2	C2F2	C1F1	C2F1
4	C1F2	C2F2	C1F1	C2F1	C1F3	C2F3
5	C1F1	C2F1	C1F3	C2F3	C1F2	C2F2
6	C1F3	C2F3	C1F1	C2F1	C1F2	C2F2
7	C1F2	C2F2	C1F1	C2F2	C1F3	C2F3
8	C1F1	C2F1	C1F2	C2F2	C1F3	C1F3

TABELA 3

Ordem de execução do pular corda por Sujeito em função da condição (C1-salto com os pés alternados e C2-salto com os pés simultâneos) na execução do escalonamento (*scaling*), Situação Experimental 2.

ORDEM DE EXECUÇÃO		
Ss	Condição	
1	C1	C2
2	C2	C1
3	C1	C2
4	C1	C2
5	C2	C1
6	C1	C2
7	C2	C1
8	C1	C2

TABELA 4

Valores das coordenadas cartesianas (x, y, z) dos pontos do calibrador.

P	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
1(origem)	0	0	0
2	0	0	45.7
3	0	0	91.5
4	0	0	137.9
5	5.7	0	141.8
6	51	0	141.8
7	95.7	0	141.8
8	141.3	0	141.8
9	146.6	0	137.6
10	146.6	0	92
11	146.6	0	45.6
12	146.6	0	0
13	141	0	-4.8
14	95.5	0	-4.8
15	50.9	0	-4.8
16	5.5	0	-4.8
17	0	0	-2
18	3	37.4	141.8
19	144.1	36.9	14.8
20	146.8	36.7	-2
21	0	72.6	0
22	0	72.6	46
23	0	72.6	98.1
24	0	72.6	138.1
25	5.9	72.6	141.8
26	51.1	72.6	141.8
27	96.8	72.6	141.8
28	148.1	72.6	141.8
29	145.1	72.6	137.4
30	145.1	72.6	91.6
31	145.1	72.6	45.5
32	145.1	72.6	0
33	145.2	72.6	-4.8
34	96.7	72.6	-4.8
35	51	72.6	-4.8
36	6	72.6	-4.8

TABELA 4

(continuação) Valores das coordenadas cartesianas (x, y, z) dos pontos do calibrador.

P	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
37	0	80.3	0
38	0	80.3	46
39	0	80.3	92
40	0	80.3	137.5
41	50.5	80.3	141.8
42	96.1	80.3	141.8
43	140.7	80.3	141.8
44	146.8	80.3	137.7
45	146.8	80.3	91.5
46	146.8	80.3	45.5
47	146.8	80.3	0
48	141.3	80.3	-4.8
49	96.4	80.3	-4.8
50	51.2	80.3	-4.8
51	6.0	80.3	-4.8
52	0	116.5	-2
53	3	116.3	141.5
54	144.1	117.1	141.8
55	146.8	116.6	-2
56	0	153	45.5
57	0	153	92.8
58	0	153	138.9
59	5.3	153	141.8
60	50.7	153	141.8
61	95.6	153	141.8
62	140.9	153	141.8
63	146.8	153	136.5
64	146.8	153	91
65	146.8	153	45
66	146.8	153	0.5
67	141.3	153	-4.8
68	96.3	153	-4.8
69	50.3	153	-4.8
70	5.5	153	-4.8
71	0	0	0.3
72	0	0	45.9

TABELA 4

(continuação) Valores das coordenadas cartesianas (x, y, z) dos pontos do calibrador (continuação).

P	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
73	0	0	91.9
74	0	160.4	137.3
75	5.6	160.4	141.8
76	50.7	160.4	141.8
77	95.8	160.4	141.8
78	140.3	160.4	141.8
79	146.8	160.4	137
80	146.8	160.4	92.1
81	146.8	160.4	45.2
82	146.8	160.4	0.4
83	141.3	160.4	-4.8
84	95.8	160.4	-4.8
85	50.8	160.4	-4.8
86	5.8	160.4	-4.8
87	0	197.5	-2
88	3	196.9	141.8
89	144.1	196.5	141.8
90	146.8	196.8	-2
91	0	233.5	0.2
92	0	233.5	45.7
93	0	233.5	91.8
94	0	233.5	137.3
95	6.1	233.5	141.8
96	50.4	233.5	141.8
97	96.1	233.5	141.8
98	141	233.5	141.8
99	146.8	233.5	136.7
100	146.8	233.5	91.8
101	146.8	233.5	44.8
102	146.8	233.5	0.4
103	140.8	233.5	-4.8
104	95.8	233.5	-4.8
105	50.4	233.5	-4.8
106	5.3	233.5	-4.8
107	5	80.7	141.8

TABELA 5

Tabela do Teste-T de *Student* Freqüência Imposta (1.5 Hz) x Freqüência Real da média da Freqüência de Batida da Corda, N = 8.

Variáveis	Média	DP	t	df	P
F1 imposta	1,50000	0,000000			
F1 real	1,495625	,106581	,164194	15	,871771

TABELA 6

Tabela do Teste-T de *Student* Freqüência Imposta (1.7 Hz) x Freqüência Real da média da Freqüência de Batida da Corda, N = 8.

Variáveis	Média	DP	t	df	P
F2 imposta	1,70000	0,000000			
F2 real	1,694375	,116732	,192750	15	,849740

TABELA 7

Tabela do Teste-T de *Student* Freqüência Imposta (1.9 Hz) x Freqüência Real da média da Freqüência de Batida da Corda, N = 8.

Variáveis	Média	DP	T	df	P
F3 imposta	1,90000	0,000000			
F3 real	1,903125	,058506	-,213654	15	,833693

TABELA 8

Tabela da Análise de Variância dos fatores Condição (2) e Frequência (3) da média da Fase Relativa como variável dependente, N = 8.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
1 (Condição)	1	926,9055	279,9048	3,11503	,111609
2 (Frequência)	2	112,4945	275,4680	,408376	,672396
1x2	2	562,6398	222,4056	2,529791	,115373

TABELA 9

Tabela da Análise de Variância dos fatores Condição (2) e Frequência (3) do Desvio Angular da Fase Relativa como variável dependente, N = 8.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
1 (Condição)	1*	11408,03*	85,0897*	134,0705*	,000008*
2 (Frequência)	2	257,70	81,6941	3,1544	,0739798
1x2	2	54,51	100,8150	,5407	,594011

* = Diferença significativa

TABELA 10

Tabela da Análise de Variância dos fatores Condição (2) e Frequência (3) da Altura do Salto como variável dependente, N = 8.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
1 (Condição)	1*	52,78024*	4,100028*	12,87314*	,008882*
2 (Frequência)	2*	44,72194*	6,045476*	7,39759*	,006422*
1x2	2	2,31929	3,429363	,67630	,524351

* = Diferença significativa

TABELA 11

Resultados do teste à posteriori de Tukey HSD ($p < 0,05$) Condição (2) e Frequência (3) da Altura do Salto como variável dependente, N = 8

Frequência		{1}	{2}	{3}
	Média	14,24261	17,52450	16,43788
F1	{1}		,005563*	,059347
F2	{2}	,005563*		,445005
F3	{3}	,059347	,445005	

* = Diferença significativa

TABELA 12

Tabela da Análise de Variância dos fatores Condição (2) e Frequência (3) do Intervalo Temporal como variável dependente, N = 8.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
1 (Condição)	1*	0,007431*	0,001065*	6,975170*	0,033372*
2 (Frequência)	2	0,000364	0,000222	1,643074	0,228564
1x2	2	0,000169	0,000141	1,202902	0,329544

* = Diferença significativa

TABELA 13

Tabela da Análise de Variância dos fatores Condição (2) e Sequência (4) da Frequência de Batida da Corda como variável dependente, N = 8.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
1 (Condição)	1	,054056	,124396	12,87314	,530844
2 (Sequência)	3*	6,170510*	,077650*	7,39759*	,000001*
1x2	3	,029269	,065927	,67630	,724074

* = Diferença significativa

TABELA 14

Resultados do teste à posteriori de Tukey HSD ($p < 0,05$) Condição (2) e Seqüência (4) da Frequência de Batida da Corda como variável dependente, $N = 8$

Seqüência		{1}	{2}	{3}	{4}
	Média	1,111875	1,388125	1,857500	2,531250
1(SI)	{1}		,048403*	,000171*	,000171*
2(SA)	{2}	,048403*		,000699*	,000171*
3(SP)	{3}	,000171*	,0000699*		,000174*
4(SF)	(4)	,000171*	,000171*	,000174*	

* = Diferença significativa

TABELA 15

Tabela do Teste-T de *Student* da comparação da frequência de batida da corda no salto em que ocorreu a mudança do padrão (SM) entre as condições no experimento 2 (C7 e C8), $N = 8$.

Variáveis	Média	DP	T	df	p
C7	1,666250	,253374			
C8	1,728750	,158964	-,833135	7	,432273

TABELA 16

Tabela da Análise de Variância dos fatores Condição (2) e Seqüência (4) da Fase Relativa Contínua como variável dependente, N = 8.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
1 (Condição)	1	3301,364	843,5100	3,913841	,088397
2 (Seqüência)	3	731,927	354,6313	2,063908	,135372
1x2	3	691,782	312,6029	2,212973	,116563

TABELA 17

Tabela da Análise de Variância dos fatores Condição (2) e Seqüência (4) do Desvio Padrão da Fase Relativa Contínua como variável dependente, N = 8.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
1 (Condição)	1	677,3006	486,1109	1,393305	,276399
2 (Seqüência)	3*	579,8143*	117,7269*	4,925078*	,009584*
1x2	3	345,8389	120,0839	2,879977	,060167

* = Diferença significativa

TABELA 18

Resultados do teste à posteriori de Tukey HSD ($p < 0,05$) do Desvio Padrão da Fase Relativa Contínua, do fator principal Seqüência.

Seqüência		{1}	{2}	{3}	{4}
	Média	29,53625	34,78062	23,03125	21,86563
1(SI)	{1}		,532776	,350726	,219937
2(SA)	{2}	,532776		,027991*	,014388*
3(SP)	{3}	,350726	,027991*		,990043
4(SF)	{4}	,219937	,014388*	,990043*	

* = Diferença significativa

TABELA 19

Tabela da Análise de Variância dos fatores Condição (2) e Seqüência (4) da Altura do Salto como variável dependente, N = 8.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
1 (Condição)	1*	71,06490*	6,758153*	10,51543*	,014199*
2 (Seqüência)	3*	29,86337*	5,978913*	4,99478*	,009045*
1x2	3	4,94098	2,182283	2,26418	,110676

* = Diferença significativa

TABELA 20

Resultados do teste à posteriori de Tukey HSD ($p < 0,05$) da Altura do Salto, do fator principal Seqüência.

Seqüência		{1}	{2}	{3}	{4}
	Média	15,51937	15,67437	14,63688	17,85188
1(SI)	{1}		,997953	,739376	,060155
2(SA)	{2}	,997953		,633595	,085948
3(SP)	{3}	,739376	,633595		,006547*
4(SF)	{4}	,060155	,085948	,006547*	

* = Diferença significativa

TABELA 21

Tabela da Análise de Variância dos fatores Condição (2) e Seqüência (4) do Intervalo Temporal como variável dependente, N = 8.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
1 (Condição)	1*	,022022*	,000259*	85,00938*	,000036*
2 (Seqüência)	3*	,005143*	,000611*	8,42396*	,000723*
1x2	3	,001430	,000530	2,69633	,071964

* = Diferença significativa

TABELA 22

Resultados do teste à posteriori de Tukey HSD ($p < 0,05$) do Intervalo Temporal, do fator principal Seqüência.

Seqüência		{1}	{2}	{3}	{4}
	Média	,1324888	,1266009	,1518554	,1083049
1(SI)	{1}		,905832	,151315	,052550
2(SA)	{2}	,905832		,040374*	,188916
3(SP)	{3}	,151315	,040374*		,000484*
4(SF)	{4}	,052550	,188916	,000484*	

* = Diferença significativa

TABELA 23

Tabela da Análise de Variância dos fatores Condição (2) e Seqüência (4) do Desvio Padrão do Intervalo Temporal como variável dependente, N = 8.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
1 (Condição)	1	,000130	,000046	2,837984	,135930
2 (Seqüência)	3*	,000127*	,000025*	5,046919*	,008664*
1x2	3	,000017	,000074	,222713	,879525

* = Diferença significativa

TABELA 24

Resultados do teste à posteriori de Tukey HSD ($p < 0,05$) do Desvio Padrão do Intervalo Temporal, do fator principal Seqüência.

Seqüência		{1}	{2}	{3}	{4}
	Média	,0169443	,0196766	,0212142	,0148979
1(SI)	{1}		,431276	,105773	,660489
2(SA)	{2}	,431276		,821116	,060135
3(SP)	{3}	,105773	,821116		,009216*
4(SF)	(4)	,660489	,060135	,009216*	

* = Diferença significativa