

ORGANIZAÇÃO HIERÁRQUICA E A ESTABILIZAÇÃO DE UM PROGRAMA DE AÇÃO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO

Andrea Michele FREUDENHEIM¹
Edison de Jesus MANOEL^{*}

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar a estabilização de uma habilidade motora gráfica. Assumiu-se que a estabilização corresponderia a formação de um programa de ação hierarquicamente organizado. Em consequência, que a macro-estrutura do programa seria mantida enquanto a micro-estrutura do programa variaria frente a perturbações. Participaram três estudantes universitárias que praticaram 83 blocos de 10 tentativas, na tarefa de reproduzir um padrão gráfico. No 80o. bloco foi introduzida uma modificação na tarefa. Foram utilizadas medidas relacionadas ao desempenho global, à variabilidade da macro-estrutura e à variabilidade da micro-estrutura. Com a prática houve diminuição da variabilidade no nível macro, bem como, coincidência entre os momentos de início dos patamares das medidas de desempenho global e de variabilidade na macro-estrutura. Houve uma rápida recuperação após a modificação da tarefa, posto que o desempenho retornou prontamente aos níveis pré perturbação. Estes resultados estão de acordo com a idéia de que a estabilização implica na formação de uma macro-estrutura consistente, i.e., de um programa de ação organizado hierarquicamente.

UNITERMOS: Aprendizagem motora; Estabilização; Programa de ação

INTRODUÇÃO

Segundo vários autores (Adams, 1971; Fitts & Posner, 1967; Logan, 1988, 1992), a consistência no comportamento é a principal característica da ação habilidosa. Em contraposição, a variabilidade no comportamento tem sido vista como uma característica prejudicial à ação habilidosa pois, ela introduziria um elemento de incerteza no desempenho. Desta forma, variabilidade e consistência são consideradas como características opostas e mutuamente exclusivas no comportamento. Enquanto a variabilidade no comportamento é vista como uma expressão do ruído, da desordem, e da incerteza - entre outros -, a consistência é vista como a expressão da constante estabilidade, da ordem e da certeza do sistema. No entanto, embora a redução da variabilidade na resposta motora seja

importante para uma execução bem sucedida, quando em excesso, a diminuição da variabilidade pode ter como consequência a perda da flexibilidade nas respostas, acarretando na perda da capacidade do indivíduo de se adaptar às circunstâncias ambientais em constante mudança (Tani, 1982). Por exemplo, todas as vezes que assinamos um documento procuramos manter a mesma seqüência de traços e a mesma configuração da escrita, ou seja, procuramos manter, em termos gerais, um padrão característico da nossa assinatura. Este padrão é o que concede identidade à assinatura. Mas, dependendo do espaço reservado para a assinatura (que sempre muda!), aumentamos ou diminuimos o tamanho das letras, e ainda, dependendo da caneta, exercemos mais ou menos pressão. Portanto, a

^{*} Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

manutenção do padrão característico da assinatura requer a possibilidade de variar, entre outros, o tamanho das letras e a pressão exercida. Sendo assim, mesmo que de maneira geral não seja reconhecido, o papel da variabilidade do comportamento é crucial para o ajuste às condições ambientais, ou seja, à flexibilidade característica da ação habilidosa (Manoel, 1993; Manoel & Connolly, 1995, 1997; Tani, 1982, 1995). Desta forma, diferentemente do que em geral se concebe, consistência e variabilidade não devem ser consideradas como características mutuamente exclusivas, mas como características complementares da ação habilidosa. Portanto, a abordagem que enfatiza a consistência em detrimento da variabilidade e conseqüentemente em detrimento da flexibilidade, enfatiza somente um lado da moeda.

Sendo que a operacionalização da intenção de movimentar-se para alcançar um objetivo tem início na elaboração de uma estrutura - plano de ação ou programa de ação- (Stelmach & Diggles, 1982; Tani, 1995), esta estrutura deveria ser capaz de conciliar consistência e variabilidade como características complementares. Isso requer a aplicação da noção de macro determinância e de micro indeterminância proposta por Weiss (1969). Deste ponto de vista, programas de ação são consideradas estruturas organizadas em dois níveis: macroscópico e microscópico. No nível macro, o programa deve ser definido por um padrão geral relacionado à intenção e aos resultados ambientais. Este padrão deve ser consistente, ordenado e bem definido. Já no nível micro, o padrão de movimento deve ser variável, desordenado e pouco definido. (Manoel & Connolly, 1997).

Um programa de ação hierarquicamente organizado, em dois níveis (macro e micro), poderia resultar em comportamentos simultaneamente consistentes e variáveis (Manoel, 1989; Tani, Bastos, Castro, Jesus, Sacay & Passos, 1992). Assim, diferentemente do proposto tradicionalmente, como conseqüência direta de um programa de ação organizado em dois níveis, teríamos o comportamento sendo consistente no nível macro e variável no nível micro.

A partir da adoção de uma visão contínua e hierárquica dos processos de mudança do comportamento motor, Choshi & Tani (1983), Manoel (1993), Tani (1982), Tani et alii (1992) e Tani, Connolly & Manoel (1996), propuseram que o processo de aquisição compreende pelo menos duas fases - estabilização e adaptação e que envolve um processo cíclico e dinâmico de

estabilidade-instabilidade-estabilidade. Assim, a estabilização, antes de indicar o final do processo de aquisição, indica estar-se dando um passo fundamental na direção do aumento de complexidade.

No entanto, a revisão da literatura evidencia que a aquisição de habilidades motoras tem sido estudada a partir de um modelo de equilíbrio, ou seja, várias teorias concebem o processo de aquisição como um processo gradativo e finito, e a estabilização, como sua última fase, marcada pela consistência (Logan, 1988; Newell & Rosenbloom, 1981; Schneider & Detweiler, 1987; Schneider & Shiffrin, 1977). Entretanto, se considerarmos que o indivíduo está em constante interação com um ambiente dinâmico e mutável, significa que as soluções motoras uma vez encontradas necessitam de constante atualização e até completa modificação. Ou seja, a estabilização leva a estados que são temporários no processo contínuo de aumento da complexidade. Do contrário, se não houvesse a possibilidade de modificar a estabilidade do sistema, haveria um grande risco do mesmo ficar estagnado com a passagem do tempo.

No presente estudo adotamos uma visão de não-equilíbrio da estabilização, concebendo-a como uma fase no processo hierárquico de aquisição de ações habilidosas. A estabilização, neste contexto, refere-se à aquisição de um programa de ação cuja estrutura é consistente no nível macroscópico e variável no nível microscópico. Considerando que a estabilização não tem sido considerada dentro desta perspectiva, foi realizado um estudo exploratório com o propósito de descrever a estabilização, tendo como pressuposto que esse processo seria caracterizado pela formação de um programa de ação hierarquicamente organizado.

Enquanto os estudos conduzidos por Manoel (1998) e Tani, Connolly & Manoel (2000) identificaram a tendência da formação de macro e micro-estruturas, eles não verificaram como ou se essa formação estava associada à estabilização da habilidade. Esta associação só foi verificada em um estudo (Freudenheim, Manoel & Tani, 1998). Neste estudo, o critério para definir estabilização foi baseado na identificação de patamares de desempenho. No entanto, como sugerido por Freudenheim et alii (1998), para que se tenha mais claro como a unidade se torna estável é preciso introduzir uma modificação na tarefa, visando gerar perturbações no sistema e assim desafiar a sua estabilidade.

O desenvolvimento de medidas diretas da estabilização do comportamento ainda é incipiente com raras exceções (cf. Choshi & Tani, 1983; Zanone, Kelso & Jeka, 1993). No presente estudo, planejou-se uma prática extensiva com um grande número de tentativas além de se garantir algumas condições para a estabilização do comportamento. De uma forma mais rudimentar pode-se dizer que o alcance de um estado estável pelo sistema seria associado aos patamares na curva de desempenho global. Outra forma mais objetiva para verificar a estabilidade do sistema refere-se à introdução de uma modificação da tarefa que gere uma perturbação a esse estado (cf. Manoel, 1992). A magnitude com que o desempenho é afetado e o tempo necessário para a retomada do desempenho aos níveis pré-perturbação são indicativos do grau de estabilidade do sistema. Desta forma, buscou-se verificar a quantidade de prática necessária à estabilização. Verificou-se ainda qual a quantidade de blocos de prática necessária para retornar ao patamar de desempenho prévio à apresentação da tarefa modificada, representado aqui por uma mudança do padrão gráfico (alteração que modifica a macro-estrutura da tarefa). Caso a modificação da tarefa seja suficiente para perturbar a organização da resposta, poderá se verificar quantas tentativas são necessárias para retornar aos níveis pré-modificação. Um comportamento estabilizado deverá apresentar uma recuperação da "performance" nos primeiros blocos após a apresentação do padrão gráfico alterado. Com este delineamento espera-se poder identificar o número de tentativas necessário à estabilização.

Um aspecto fundamental para a condução da presente pesquisa diz respeito à escolha da tarefa experimental. A dificuldade nessa escolha reside na necessidade de combinar na mesma tarefa a possibilidade de identificar de forma clara os seus componentes, além desses componentes poderem ser combinados de forma relativamente livre na produção da resposta. Com essa preocupação Manoel realizou uma série de estudos com tarefas experimentais típicas de laboratório (Manoel & Connolly, 1995) e tarefas "naturais" (Manoel, 1993; Manoel & Connolly, 1997). Na tarefa de laboratório houve facilidade para diferenciar os componentes. No entanto, as formas de interação entre os mesmos foi relativamente simples, o qual prejudicou a possibilidade de identificação da estrutura. A utilização da tarefa natural propiciava situações em que a interação dos componentes era significativa, entretanto tinha limitações para a identificação dos componentes. Neste sentido, Tani

propôs a utilização de habilidades gráficas em função da facilidade em identificar componentes e a execução do padrão envolver uma interação significativa dos mesmos (Tani, 1995). Na execução de um dado padrão gráfico são identificados aspectos que tendem a se tornar invariantes e outros que variam sugerindo a existência de uma macro-estrutura e uma micro-estrutura no programa de ação (Freudenheim et alii, 1998; Manoel, 1998; Tani et alii, 2000). O presente trabalho utilizará habilidades gráficas seguindo o mesmo raciocínio de Tani (1995).

Objetivo

O objetivo deste estudo foi descrever a curva de "performance" associada a medidas macro e micro, para: a) verificar se há indícios da formação de um programa de ação hierarquicamente organizado; e, b) identificar o número de tentativas necessárias à estabilização, na tarefa requerida.

Caso a formação do programa de ação corresponda a um processo de organização hierárquica espera-se que: a) a variabilidade no nível macro será maior no início da prática; b) haja coincidência entre o início dos patamares de desempenho global e de variabilidade no nível macro; c) a variabilidade no nível micro também será menor com a prática, mas não necessariamente mais baixa nos mesmos pontos correspondentes aos patamares de desempenho global; e, d) o número de blocos para a recuperação do desempenho após a introdução da tarefa modificada será mínimo.

MÉTODO

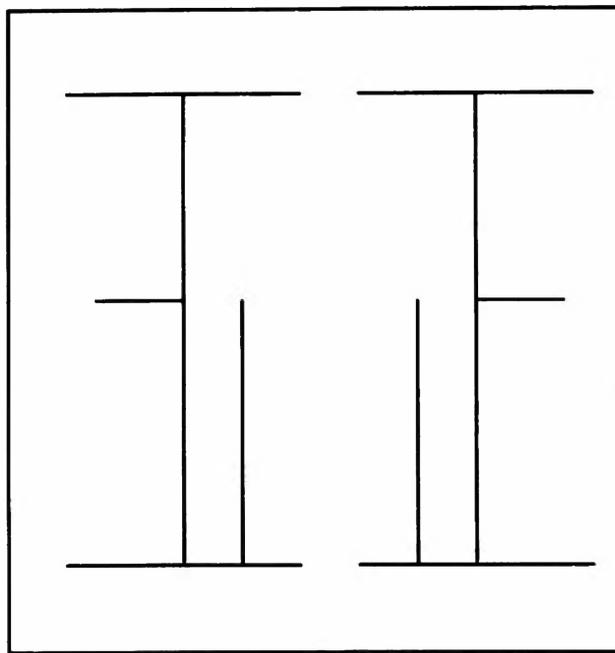
Sujeitos

Participaram do estudo três estudantes universitárias, voluntárias e inexperientes nas tarefas realizadas. O número baixo de sujeitos se justifica por ser um estudo exploratório que compreende um extenso número de tentativas de prática e que visa a descrição detalhada das curvas nas diversas medidas de "performance" e de variabilidade na macro e na micro-estruturas. Ademais, com estudos exploratórios, não se pretende chegar a resultados definitivos mas, principalmente verificar a possibilidade de estudo a partir de uma visão alternativa à geralmente adotada na área.

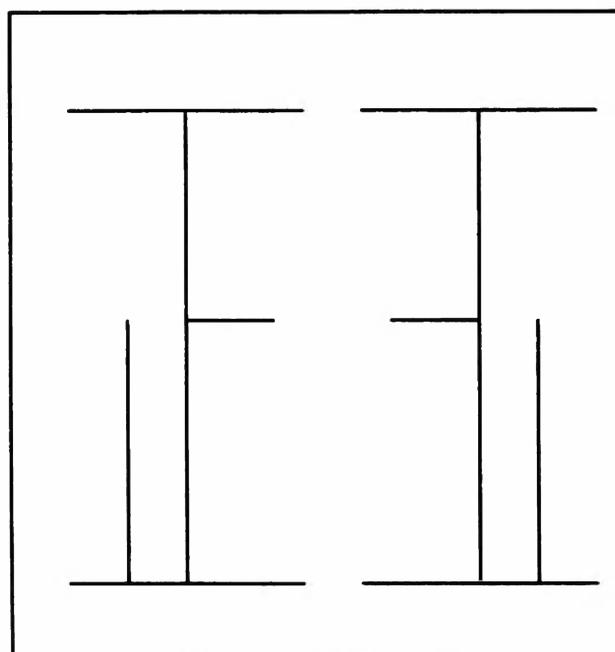
Tarefa

Reproduzir um padrão gráfico composto de 10 traços (FIGURA 1a) e um padrão gráfico alterado (FIGURA 1b). Este padrão gráfico estava

impresso na parte superior da folha de respostas e deveria ser reproduzido nos quadrados vazios de mesmo tamanho, enfileirados de quatro em quatro. Vale ressaltar que não foi imposta qualquer restrição quanto ao tempo despendido com a tarefa.



Padrão gráfico (a)



Padrão gráfico (b)

FIGURA 1 – Padrão gráfico (a) e padrão gráfico alterado (b) utilizados no estudo.

A reprodução do padrão gráfico foi escolhida como tarefa pois envolve a possibilidade do sujeito decidir quanto à seqüência e o tempo de execução da tarefa. Além disso permite que se obtenha medidas de desempenho global relacionadas a interação entre os componentes da figura (macro-estrutura) bem como de cada componente em separado (micro-estrutura).

Instrumentos

Uma mesa digitalizadora 'Quora' (modelo QC-A4), uma caneta sem fio sensível à pressão, um programa ("software") especialmente desenvolvido para o estudo visando a coleta e análise dos dados, um computador MacIntosh (modelo Performa 630) e uma interface de comunicação entre a mesa e o computador.

Medidas utilizadas

Neste estudo foram utilizadas medidas relacionadas ao desempenho global, à variabilidade na macro-estrutura e à variabilidade na micro-estrutura (c.f. Tani, 1995). O cálculo das medidas foi feito para blocos de 10 tentativas.

Medidas de desempenho global

- a) Tempo total de pausa: média dos tempos gastos entre o término de um traço e o início de outro traço. Esta medida de desempenho expressa a fluência da transição entre os traços exibida por cada sujeito;
- b) Tempo total de movimento: média dos tempos gastos para executar os traços que compõem o padrão. Esta medida de desempenho expressa o tempo gasto para executar os componentes da tarefa exibido por cada sujeito.

Medidas de variabilidade na macro-estrutura

- c) Variabilidade do tempo de pausa relativo: a partir do tempo de pausa de cada intervalo (término de cada um dos traços e o início do traço seguinte) e o tempo total de pausa, obtém-se a porcentagem do tempo gasto em cada um dos intervalos (tempo de pausa relativo) e, calcula-se o desvio padrão desta porcentagem. Esta medida expressa a variabilidade do tempo de pausa relativo exibida por cada sujeito;
- d) Variabilidade do tempo de movimento relativo: a partir do tempo de movimento necessário à execução de cada traço e o tempo total de movimento, obtém-se a porcentagem do tempo gasto em cada um dos traços (tempo de movimento relativo) e, calcula-se o desvio padrão. Esta medida expressa a variabilidade do tempo de movimento relativo exibida por cada sujeito;
- e) Variabilidade do seqüenciamento: cada um dos 10 traços do padrão gráfico é identificado por uma letra. Dessa forma o equipamento registra a ordem seqüencial em que os traços foram executados. Na primeira tentativa, por exemplo, a seqüência de execução dos 10 traços poderia ser: *a, c, b, e, d, h, i, f, j, g*. A partir desse registro inicial, calcula-se quantas variações do primeiro traço foram efetuadas, por blocos de 10 tentativas. Por exemplo, um sujeito pode ter iniciado três tentativas com o traço *a*, e as restantes sete tentativas com o traço *c*. Nesse caso, o número variações do primeiro traço executado é 1. Em seguida, esse cálculo é repetido para cada uma das 10 diferentes localizações dos traços, ou seja, para

o segundo traço, para o terceiro traço, e assim por diante. O valor máximo de variações por localização é 9. Caso, o indivíduo utilize seqüências diferentes em cada uma das 10 tentativas, obteremos o valor 90, que indicará máxima variabilidade do seqüenciamento no bloco. Caso o indivíduo utilize sempre a mesma seqüência de traços obteremos o valor final zero, que indicará máxima consistência no bloco. Portanto, esta medida expressa a consistência do seqüenciamento de cada sujeito;

Medidas de variabilidade na micro-estrutura

- f) Variabilidade do tempo total de pausa: obtém-se através do cálculo do desvio padrão do tempo total de pausa. Esta medida expressa a variabilidade do tempo total de pausa exibida por cada sujeito;
- g) Variabilidade do tempo total de movimento: obtém-se através do cálculo do desvio padrão do tempo total de movimento. Esta medida expressa a variabilidade do tempo total de movimento exibida por cada sujeito.

Em suma, foram utilizadas duas medidas de desempenho global (tempo total de pausa e tempo total de movimento), três medidas de variabilidade na macro-estrutura (variabilidade do tempo de pausa relativo, variabilidade do tempo de movimento relativo e variabilidade do seqüenciamento) e duas medidas de variabilidade na micro-estrutura (variabilidade do tempo total de pausa e variabilidade do tempo total de movimento). Por serem medidas consideradas relativamente invariáveis, a variabilidade do tempo de pausa relativo, a variabilidade do tempo de movimento relativo e a variabilidade do seqüenciamento, estão relacionadas à macro-estrutura do programa de ação e, por serem medidas consideradas variáveis do desempenho, a variabilidade do tempo total de pausa e a variabilidade do tempo total de movimento, estão relacionadas à micro-estrutura do programa de ação (Tani, 1995).

Delineamento

O experimento compreendeu uma fase de aquisição na qual foram realizadas 830 tentativas de prática, organizadas em blocos de 10 tentativas distribuídas em seis sessões. Na 6a. sessão, no 80o. bloco da fase de aquisição, foi introduzida uma modificação na tarefa com o propósito de causar uma perturbação no desempenho global dos indivíduos. Ao longo de 10 tentativas, os sujeitos

foram solicitados a reproduzir um padrão gráfico modificado em relação ao utilizado na fase de aquisição, levando assim a uma modificação da macro-estrutura da tarefa. Os dois traços verticais menores que estavam do lado interno da figura (FIGURA 1a) passaram para o lado externo (FIGURA 1b). Executadas estas 10 tentativas, os sujeitos foram solicitados a realizar mais 40 tentativas reproduzindo o padrão gráfico da fase de aquisição. Todos os sujeitos completaram as seis sessões em, no mínimo uma semana e no máximo duas semanas. De forma geral as sessões foram realizadas em dias distintos. Quando isto não foi possível, foi estabelecido um mínimo de quatro horas de intervalo entre elas, sendo que no máximo ocorreram duas sessões em um mesmo dia.

Procedimentos

A coleta de dados foi realizada no Laboratório de Comportamento Motor (LACOM) da EEFE-USP, por um experimentador. A cada sessão o sujeito foi conduzido ao laboratório e orientado a sentar em uma cadeira junto à mesa digitalizadora e a ajustar os equipamentos conforme sua preferência. Em seguida, antes do início da prática, foram fornecidas as instruções quanto a tarefa. A cada 20 tentativas o sujeito descansou por aproximadamente 50 s, tempo que corresponde à troca da folha de coleta e reinicialização do "software" de coleta de dados. Vale acrescentar que não foi fornecido conhecimento de resultado por parte do experimentador.

Após afirmar que havia entendido as instruções, ao sinal de *iniciar* do experimentador, o sujeito podia começar a prática, reproduzindo o padrão gráfico impresso no alto da folha de resposta, nos quadrados reservados para este fim. Ele preencheu os quadrados da esquerda para a direita e do alto da folha para baixo, portanto exatamente na seqüência em que costumamos redigir textos. A cada nova folha de respostas, ou seja a cada 20 tentativas, o sujeito depositou a caneta na mesa e aguardou o sinal de início do experimentador.

Na tentativa anterior ao bloco estipulado para a introdução da tarefa modificada, a figura do alto da folha de respostas foi substituída, pela figura com padrão modificado. Neste momento o experimentador esclareceu que a tarefa continuava a mesma, ou seja, reproduzir o padrão gráfico impresso no alto da folha de resposta. Logo após este esclarecimento, o sujeito iniciou as tentativas

na tarefa alterada. Finalizadas as tentativas nesta tarefa, o padrão gráfico inicial substituiu o modificado, e o sujeito reiniciou as tentativas na tarefa.

Resultados

Como as medidas utilizadas correspondem a aspectos distintos da ação, optou-se pela análise dos dados de cada uma separadamente. A seguir apresentamos uma análise descritiva dos resultados obtidos quanto ao desempenho global, à variabilidade na macro-estrutura e à variabilidade na micro-estrutura, nesta ordem, por sujeito. Os resultados serão apresentados em termos dos perfis das curvas de aquisição e mais detalhadamente em termos da comparação entre o bloco anterior à modificação da tarefa (bloco pré perturbação) e o bloco no qual a tarefa modificada foi apresentada como modelo (bloco perturbação).

Desempenho global

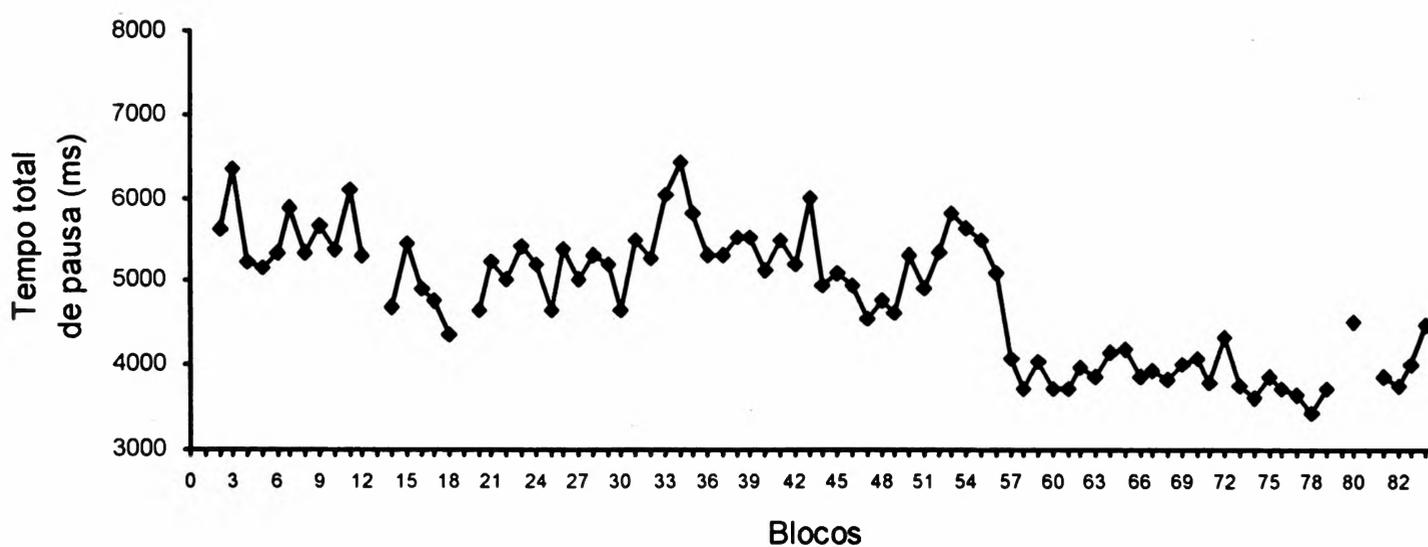
O tempo total de pausa é uma medida de desempenho global relacionada à fluência da transição entre os componentes do padrão gráfico. Na FIGURA 2 pode-se observar que, de uma forma geral, o tempo total de pausa de todos os sujeitos diminuiu ao longo das tentativas de aquisição e, que esta diminuição não foi gradativa. A configuração de patamares de desempenho global chama a atenção. Identifica-se a configuração de patamares nos momentos em que a curva de desempenho global se apresenta menos acentuada, ou seja, os momentos nos quais a diferença entre blocos seguidos diminui. Vale ressaltar, que a configuração de patamares não pressupõe a eliminação das diferenças entre os blocos (flutuações). Operacionalmente um patamar foi definido como compreendendo, no mínimo três blocos, em que a diferença entre eles não exceda 20%. Por exemplo, na curva de desempenho global do Sujeito 1 (FIGURA 2) pode-se verificar a configuração de um primeiro patamar do 4o. ao 12o. bloco de tentativas e, depois de vários outros patamares ao longo da fase de aquisição (blocos 21-24; 26-29, etc.). Mas, como o objetivo deste estudo foi o de inferir sobre a formação de um programa de ação hierarquicamente organizado, utilizando a associação entre o número de tentativas e a curva de desempenho global como referência, a identificação do início do primeiro patamar é mais significativa que a dos demais patamares. A partir do início do primeiro patamar o

desempenho global esteve, pela primeira vez, relativamente estável. Neste sentido, o início do primeiro patamar pode ser tido como o momento a partir do qual o comportamento deve passar a ser implementado por um programa de ação hierarquicamente organizado. Assim, a partir do primeiro patamar é que se pode verificar se há relativa ordem na interação entre os componentes (variabilidade na macro-estrutura). Por isso, para a presente descrição dos resultados só será considerado o início da configuração do primeiro patamar.

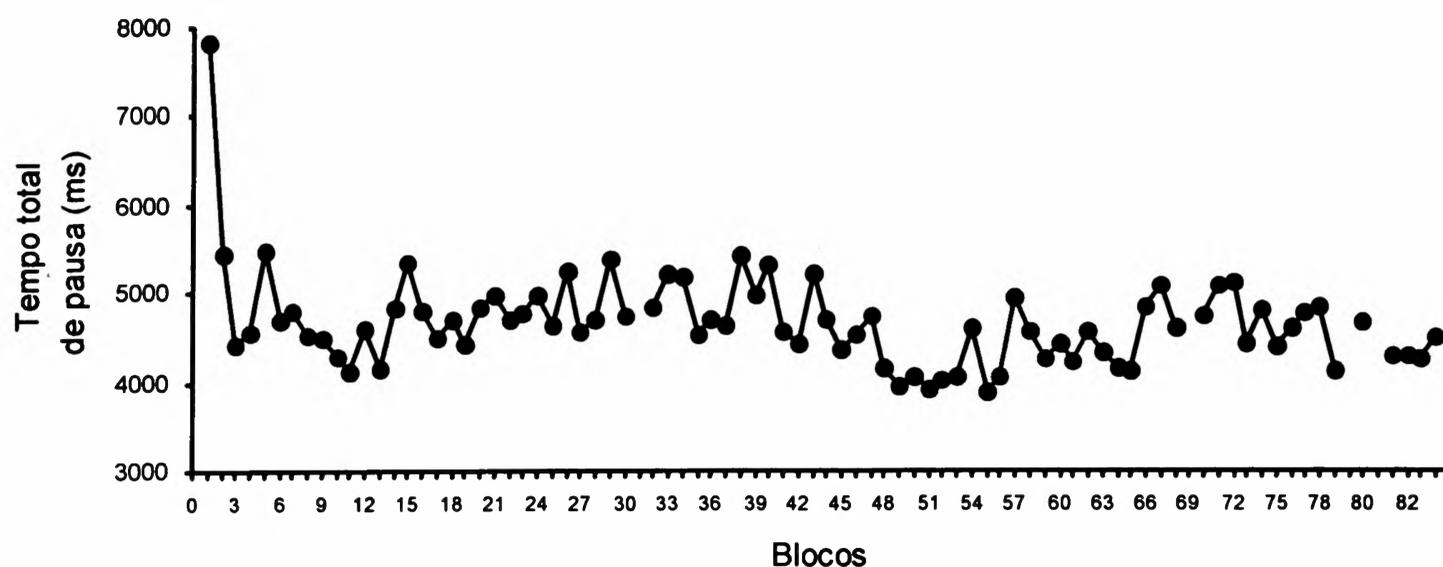
Os resultados referentes ao tempo total de pausa apresentam a configuração do primeiro patamar dos Sujeitos 1, 2 e 3, no 4o., 6o. e 5o. bloco, respectivamente. Estes resultados mostram que a fluência da reprodução do padrão gráfico aumentou ao longo das tentativas de prática e que se pode verificar a configuração de patamares na curva dos indivíduos, já nos blocos iniciais. Na tarefa utilizada, o tempo total de pausa expressa a capacidade do sujeito de, ao executar um determinado traço, levar em consideração o traço subsequente. Somente à medida em que o aprendiz se torna capaz de prever a próxima resposta, o intervalo necessário ao planejamento de cada resposta individualmente diminui. Assim, os dados revelam que já a partir dos blocos iniciais o

aprendiz aperfeiçoa a capacidade de planejar toda a seqüência de respostas com antecedência.

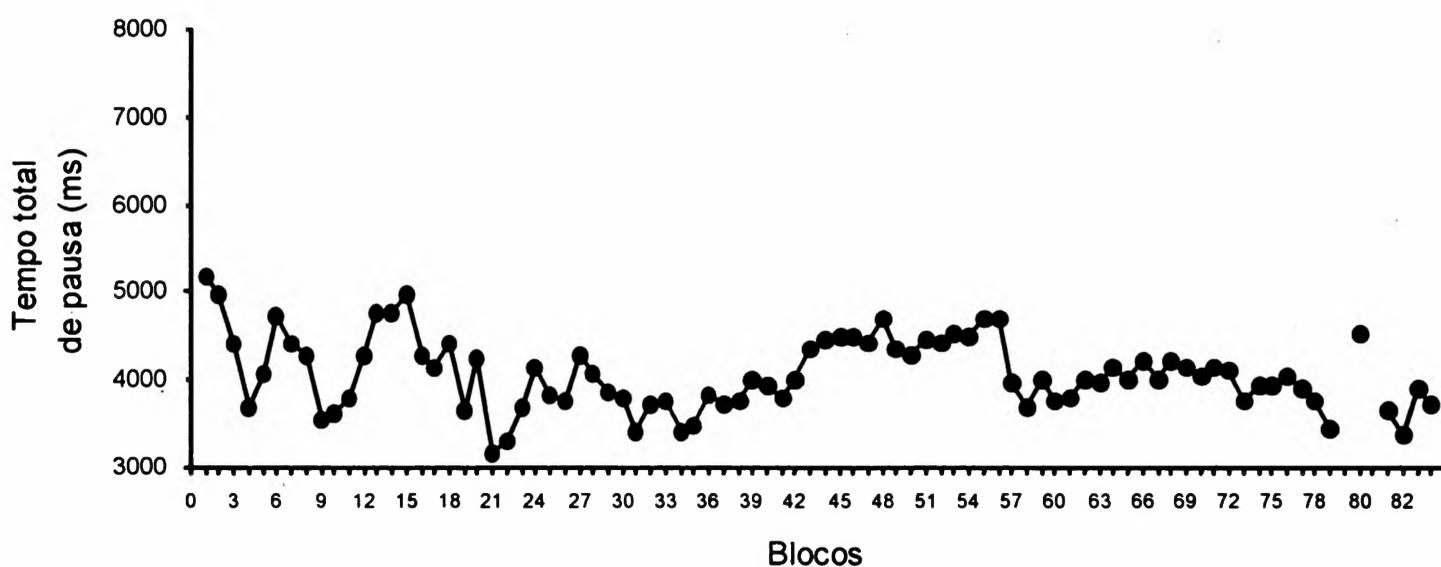
Como mencionado, para verificar se houve alteração do desempenho em função da introdução da perturbação, efetuou-se a comparação entre o bloco anterior à modificação da tarefa (bloco pré perturbação) e o bloco no qual a tarefa modificada foi apresentada como modelo (bloco perturbação). No caso em que a diferença entre os dois blocos excedeu 20%, considerou-se que houve alteração. Por exemplo, observando a FIGURA 2 pode-se verificar que para todos os sujeitos, o tempo total de pausa no bloco correspondente à modificação da tarefa (80o. bloco), foi superior ao do bloco anterior à modificação (79o. bloco). Essa alteração excedeu os 20% para os Sujeitos 1 e 3, que apresentavam menor flutuação no final das tentativas de prática. Isso significa que só não houve alteração no 80o. bloco para o Sujeito 2. Portanto, diante da modificação da tarefa, para os sujeitos que estavam apresentando desempenho estável (Sujeitos 1 e 3), voltou a haver necessidade de um intervalo maior para planejar as respostas subsequentes. No entanto, como o previsto no caso de o comportamento estar estabilizado, a recuperação se deu logo no primeiro bloco após a perturbação (81o. bloco).



Sujeito 1



Sujeito 2

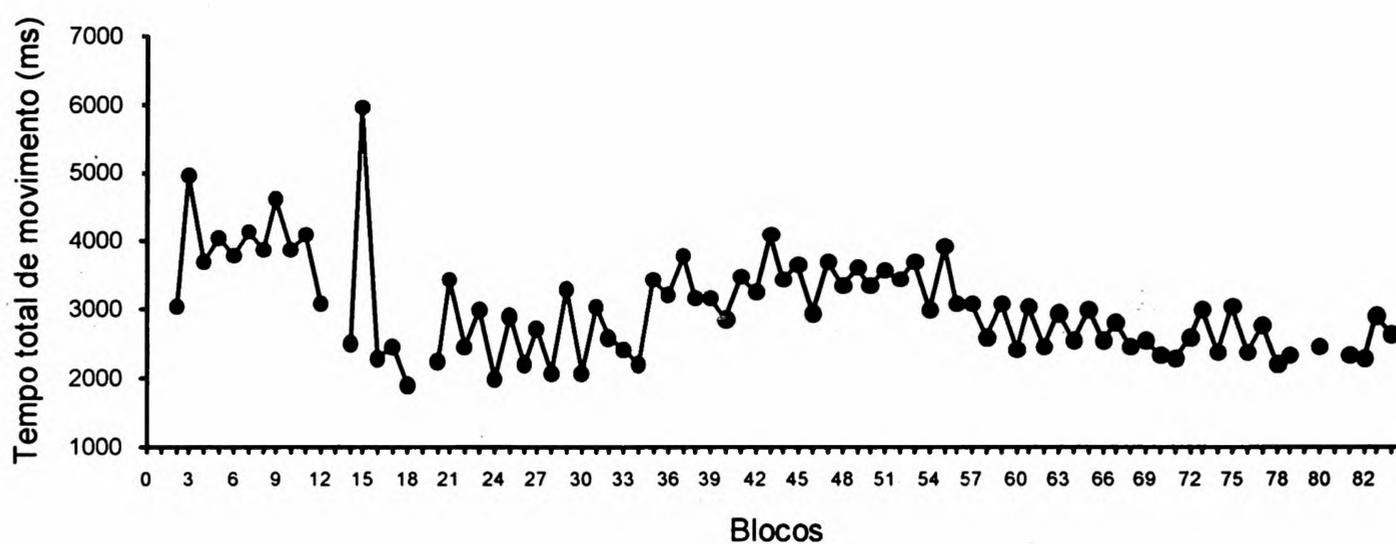


Sujeito 3

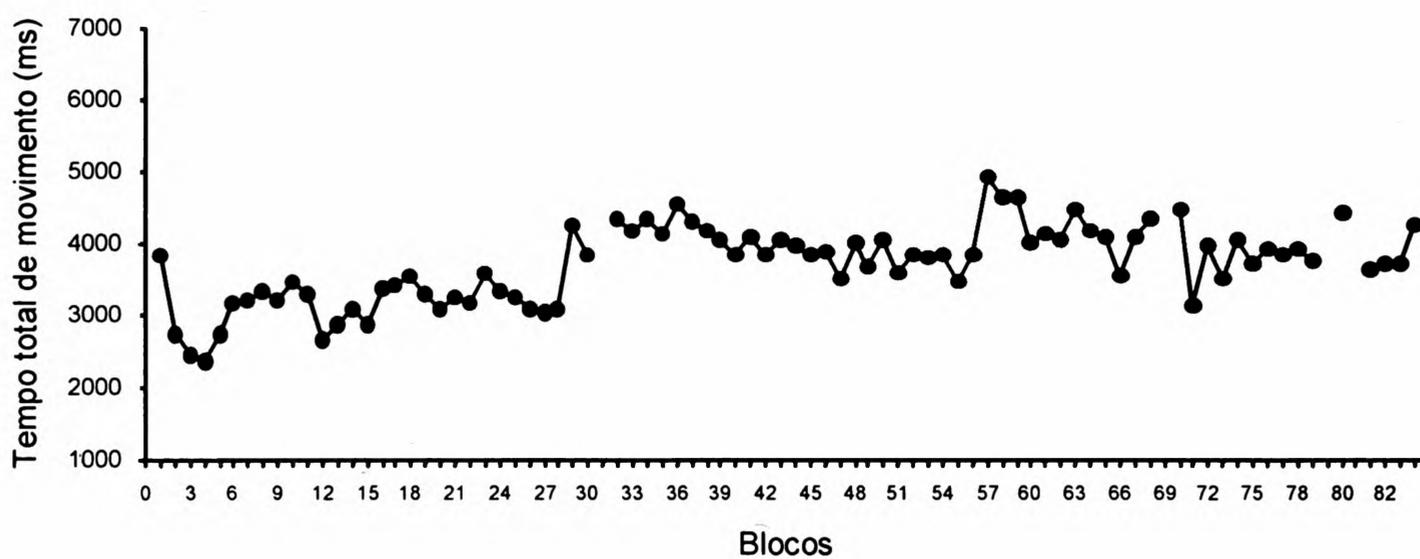
FIGURA 2 – Tempo total de pausa dos Sujeitos 1, 2 e 3, por blocos de 10 tentativas.

Na FIGURA 3, verifica-se que o tempo total de movimento dos Sujeitos 1 e 3 decresceu. Já o Sujeito 2 aumentou o tempo gasto com a realização da tarefa. Mas, como na medida anterior, na curva de todos os sujeitos há configuração de patamares. Para os Sujeitos 1, 2, e 3 o início da configuração do primeiro patamar ocorreu nos blocos 4, 2 e 3, respectivamente. Estes resultados devem ser interpretados considerando que não foram impostas restrições quanto ao tempo para executar a tarefa. Mesmo assim, já no início das tentativas de prática os sujeitos mantêm o tempo de movimento estável. Por sua vez, o tempo

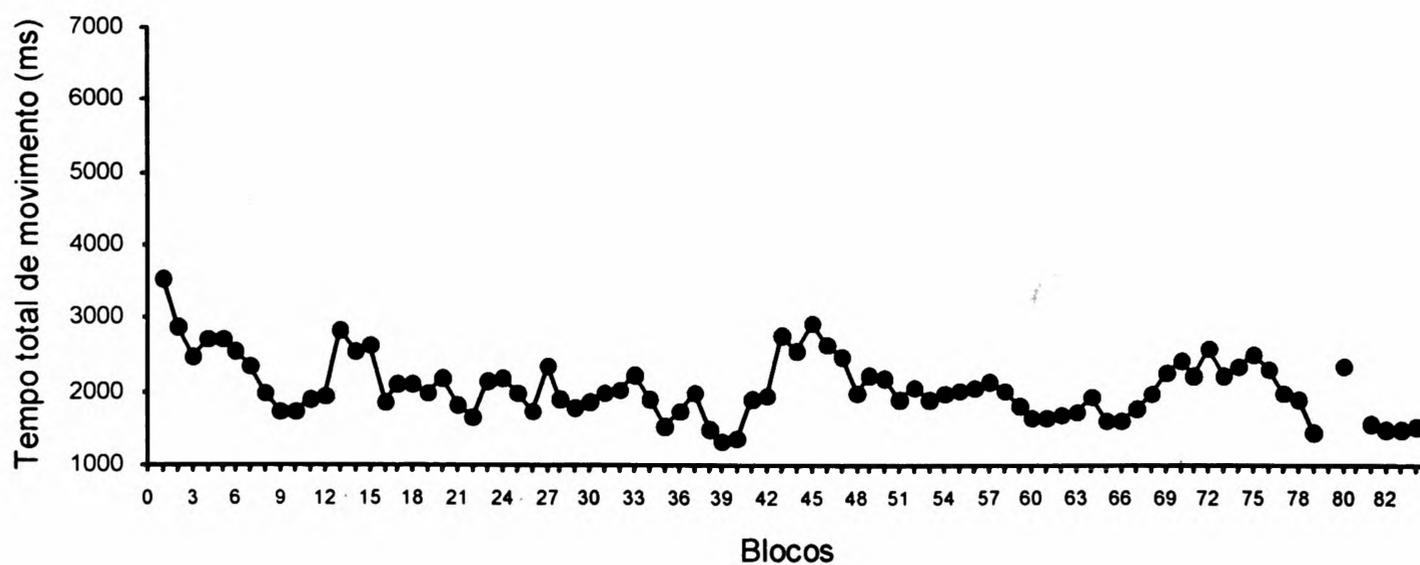
total de movimento no 80o. bloco só foi superior ao do 79o. bloco (em 20%), para o Sujeito 3, mas a recuperação também se deu logo no primeiro bloco após a perturbação. Para os Sujeitos 1 e 2, a modificação da tarefa não provocou alteração no tempo total de movimento. Para o Sujeito 2 a diferença entre os blocos foi de 17%, ou seja, esteve próxima do índice considerado significativo. Este resultado indica que no 79o. bloco de tentativas, o comportamento já estava suficientemente estabilizado, para dar conta de uma modificação na tarefa.



Sujeito 1



Sujeito 2



Sujeito 3

FIGURA 3 – Tempo total de movimento dos Sujeitos 1, 2 e 3, por blocos de 10 tentativas.

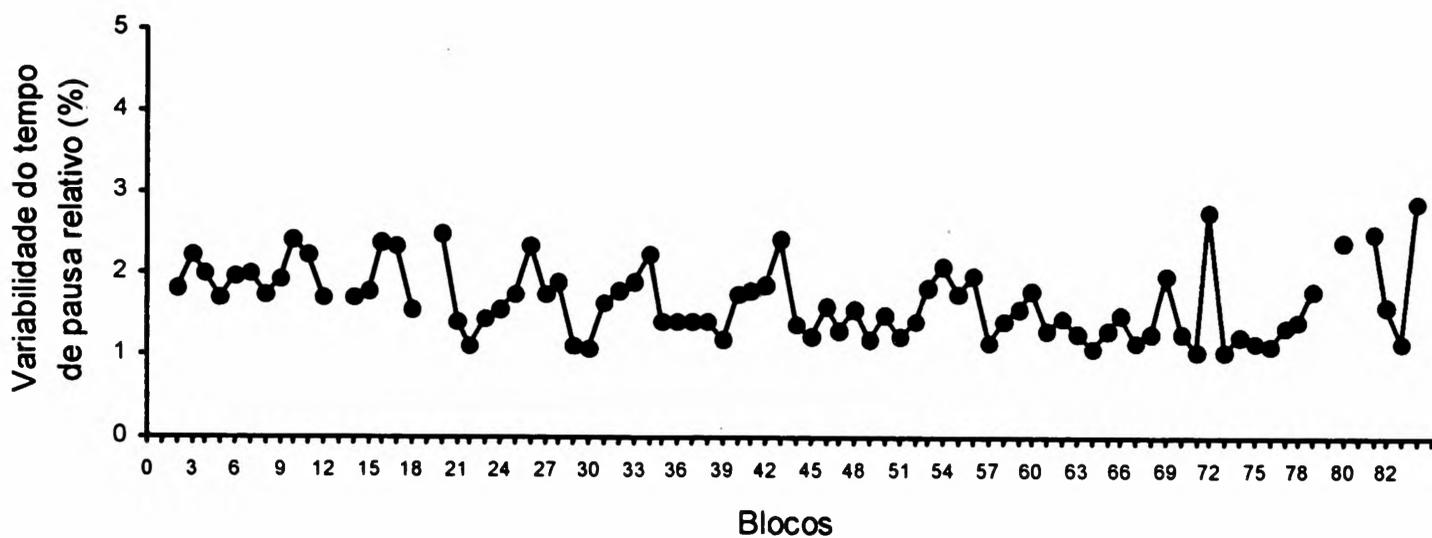
Em suma, tendo por base a análise dos resultados referentes ao desempenho global (tempo total de pausa e tempo total de movimento), principalmente pelo momento da apresentação dos patamares, pode-se supor que os Sujeitos 2 e 3 começaram a estabilizar seu comportamento em termos do tempo de movimento (2o. e 3o. blocos, respectivamente) antes de estabilizá-lo em termos do tempo de pausa (6o. e 5o. blocos, respectivamente). Já a estabilização do desempenho do Sujeito 1 teve, em ambas as medidas, início no 4o. bloco.

Variabilidade na macro-estrutura

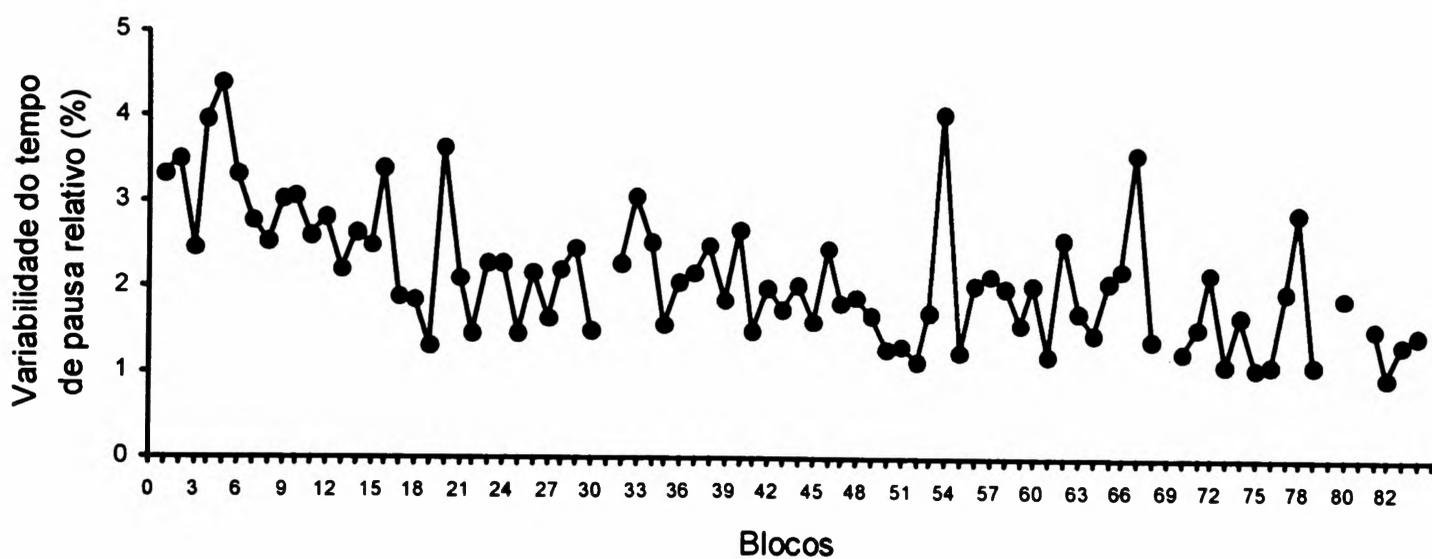
A variabilidade do tempo de pausa relativo provê uma medida da variabilidade da fluência entre os componentes da ação, no caso da

presente tarefa, da fluência entre o término de um traço e o início do traço seguinte. Na FIGURA 4 pode-se observar que, como o previsto, a variabilidade do tempo de pausa relativo de todos os sujeitos também decresceu ao longo das tentativas de aquisição. Mais uma vez esta diminuição não foi gradativa e apresenta a configuração de patamares. O início da configuração do primeiro patamar se dá, para o Sujeito 1 no 3o. bloco, para o Sujeito 2 no 9o. bloco e para o Sujeito 3 no 7o. bloco.

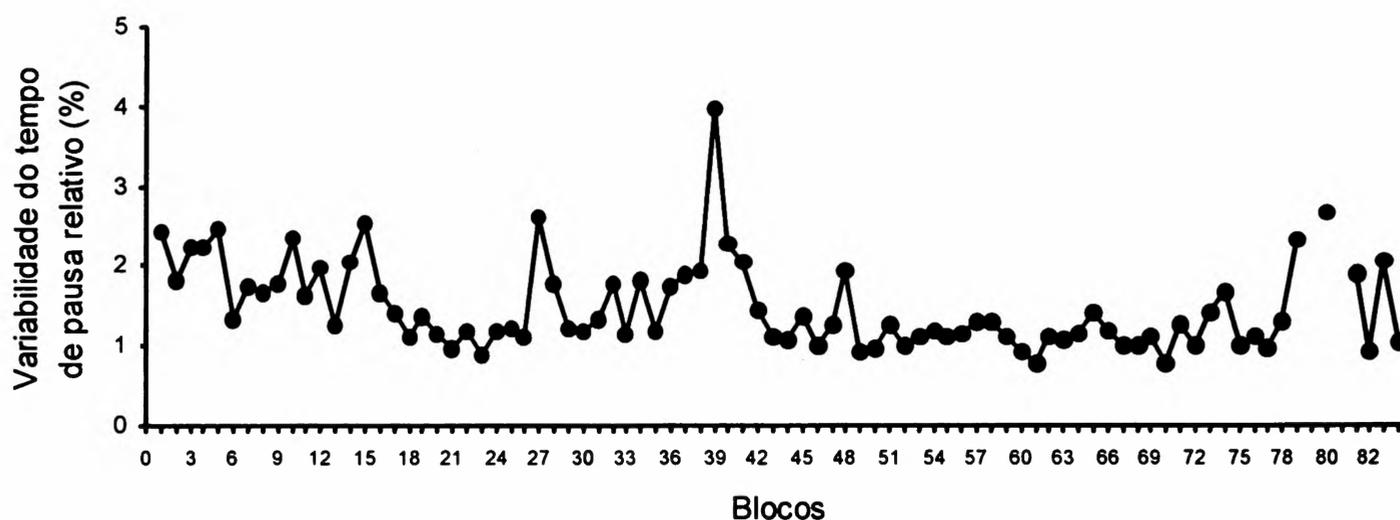
Com relação aos últimos blocos da fase de aquisição, pode-se observar, que para os Sujeitos 1 e 2 a modificação do padrão gráfico resultou no aumento da variabilidade do tempo de pausa relativo. Para ambos os sujeitos a recuperação ocorreu no segundo bloco após a perturbação (82o. bloco).



Sujeito 1



Sujeito 2

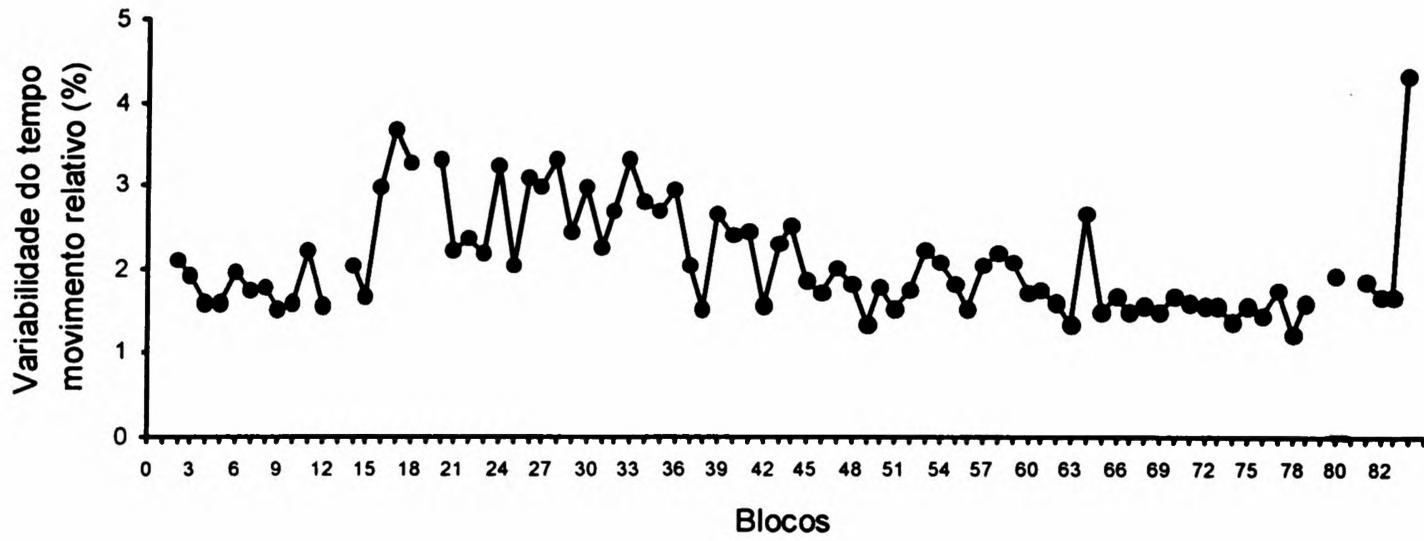


Sujeito 3

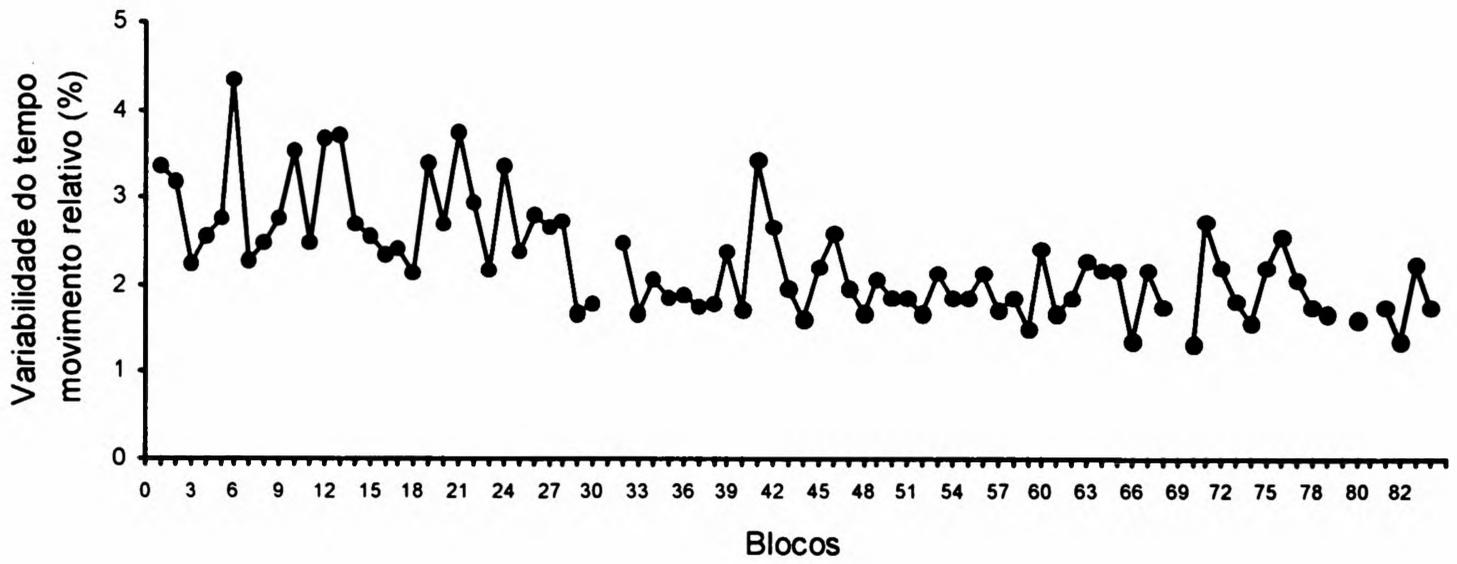
FIGURA 4 – Variabilidade do tempo de pausa relativo dos Sujeitos 1, 2 e 3, por blocos de 10 tentativas.

Os resultados quanto à variabilidade do tempo de movimento relativo, medida que provê a variabilidade da proporção do tempo gasto para executar cada traço, podem ser observados na FIGURA 5, para cada sujeito respectivamente. Como o previsto, pode-se verificar que nesta medida a variabilidade do comportamento de todos os sujeitos decresceu ao longo das tentativas de aquisição. A variabilidade do tempo de movimento relativo do Sujeito 1 aumentou do bloco 14 para o 15, ou seja da primeira para a segunda sessão de coleta. No entanto, a partir deste aumento pode-se observar uma clara diminuição da variabilidade. Mais uma vez para nenhum sujeito esta diminuição foi gradativa. Há configuração de patamares nas curvas do Sujeito 1, com início do primeiro patamar no 6o. bloco; do Sujeito 2, com início no

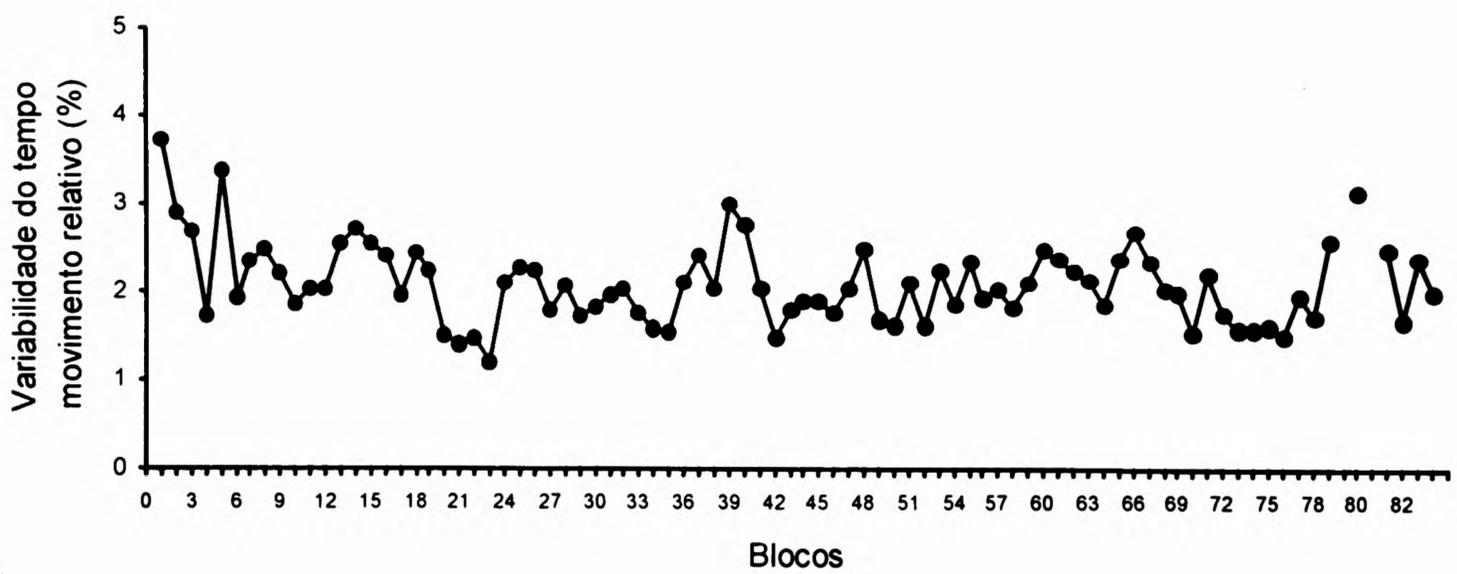
14o. bloco; e, do Sujeito 3, com início no 9o. bloco de tentativas. No final das tentativas de aquisição, comparando a variabilidade do tempo de pausa relativo do bloco 79 com o do bloco 80, pode-se verificar que o Sujeito 2 manteve a variabilidade enquanto que os demais sujeitos aumentaram seu tempo de pausa relativo (21% e 20,4%, respectivamente). O Sujeito 3 retornou à variabilidade apresentada no 79o. bloco já no 81o. bloco (primeiro bloco após a modificação) e, o Sujeito 1, no 82o. bloco. Portanto, a modificação do padrão gráfico não causou (Sujeito 2) ou causou somente uma pequena perturbação no momento em que a tarefa foi modificada (Sujeitos 1 e 3). Estes resultados indicam que no 79o. bloco de tentativas o comportamento estava estabilizado.



Sujeito 1



Sujeito 2

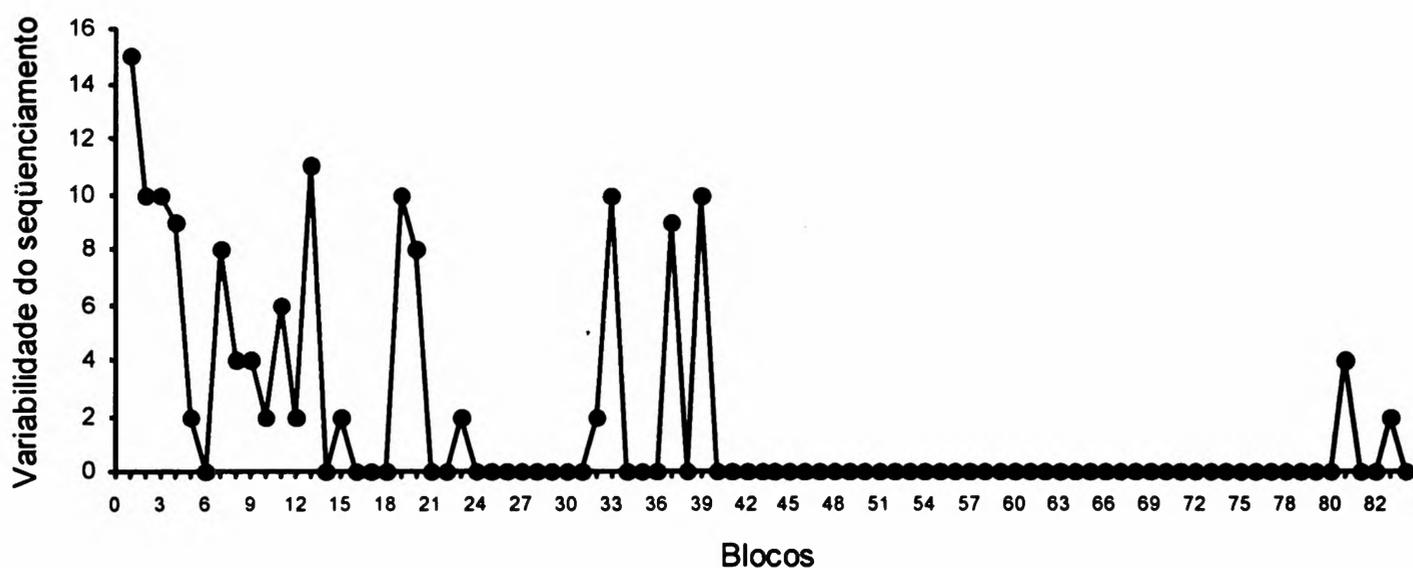


Sujeito 3

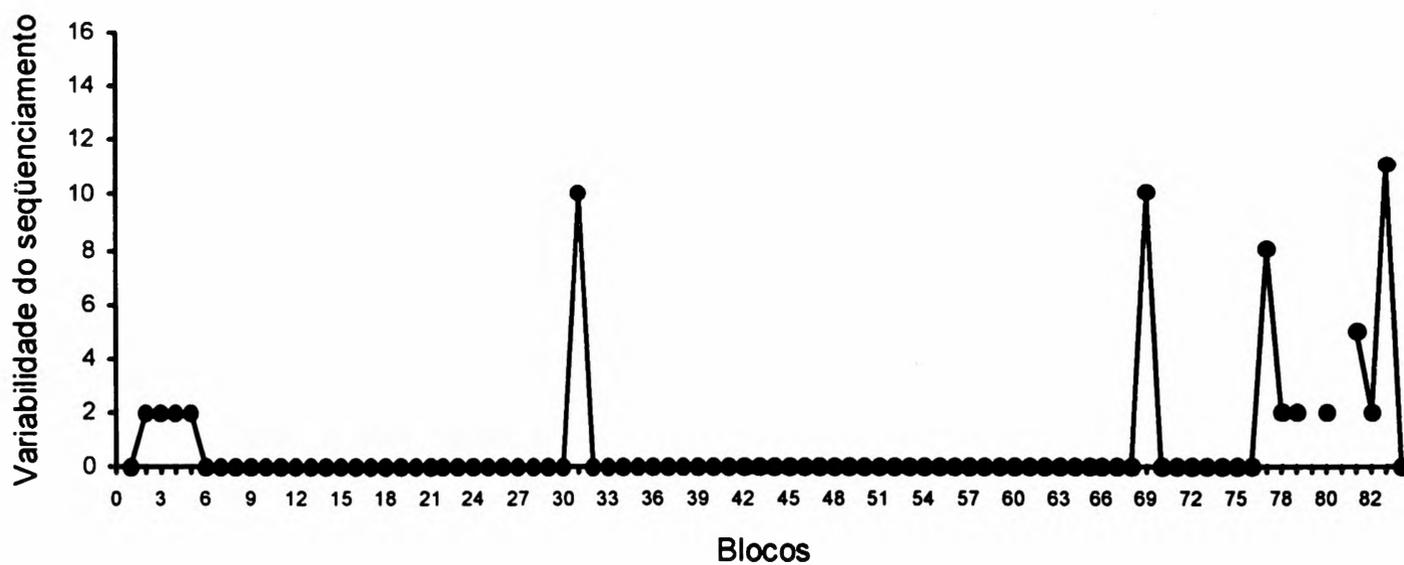
FIGURA 5 – Variabilidade do tempo de movimento relativo dos Sujeitos 1, 2 e 3, por blocos de 10 tentativas.

Quanto à medida que provê a variabilidade do seqüenciamento, os resultados mostram a configuração de um patamar no 16o. bloco da curva do Sujeito 1 e no 6o. bloco nas curvas dos Sujeitos 2 e 3 (FIGURA 6). Estes resultados indicam que a partir dos primeiros blocos de tentativas os sujeitos já são capazes de manter o seqüenciamento constante por três ou mais blocos consecutivos.

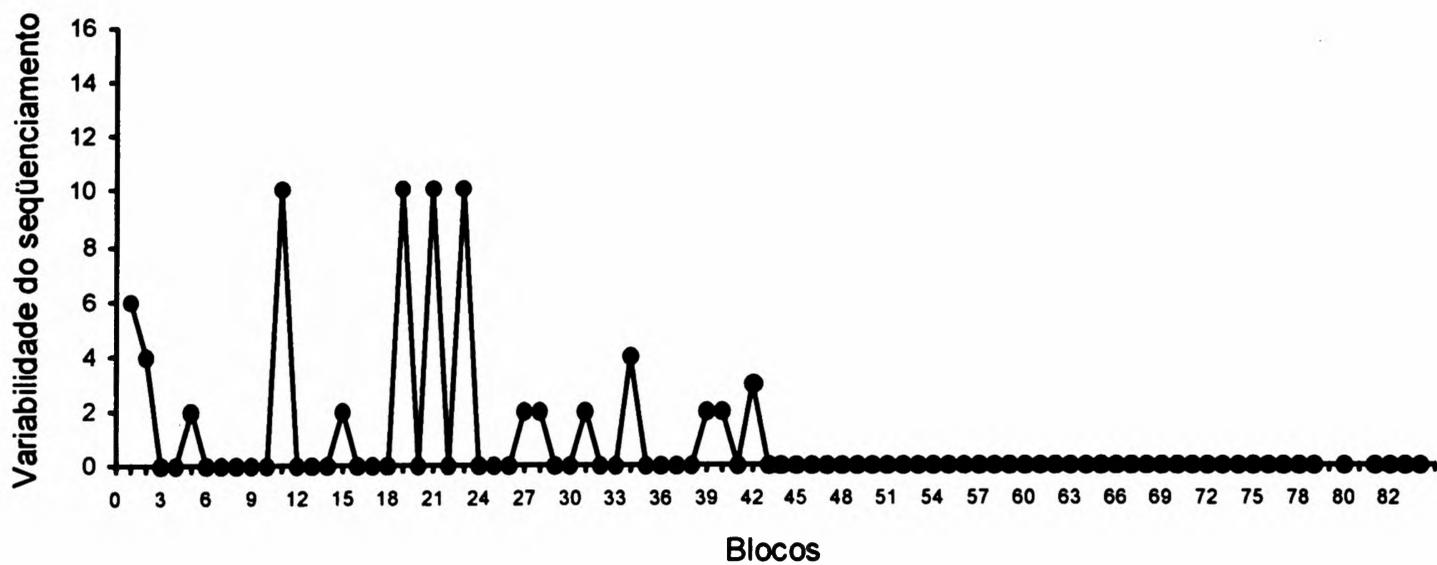
No 80o. bloco, o Sujeito 1 alterou a variabilidade do seqüenciamento mas, apesar da modificação do padrão gráfico, os Sujeitos 2 e 3 a mantiveram. Vale ressaltar que já no bloco subsequente, o Sujeito 1 voltou a apresentar a mesma consistência do bloco anterior à perturbação.



Sujeito 1



Sujeito 2



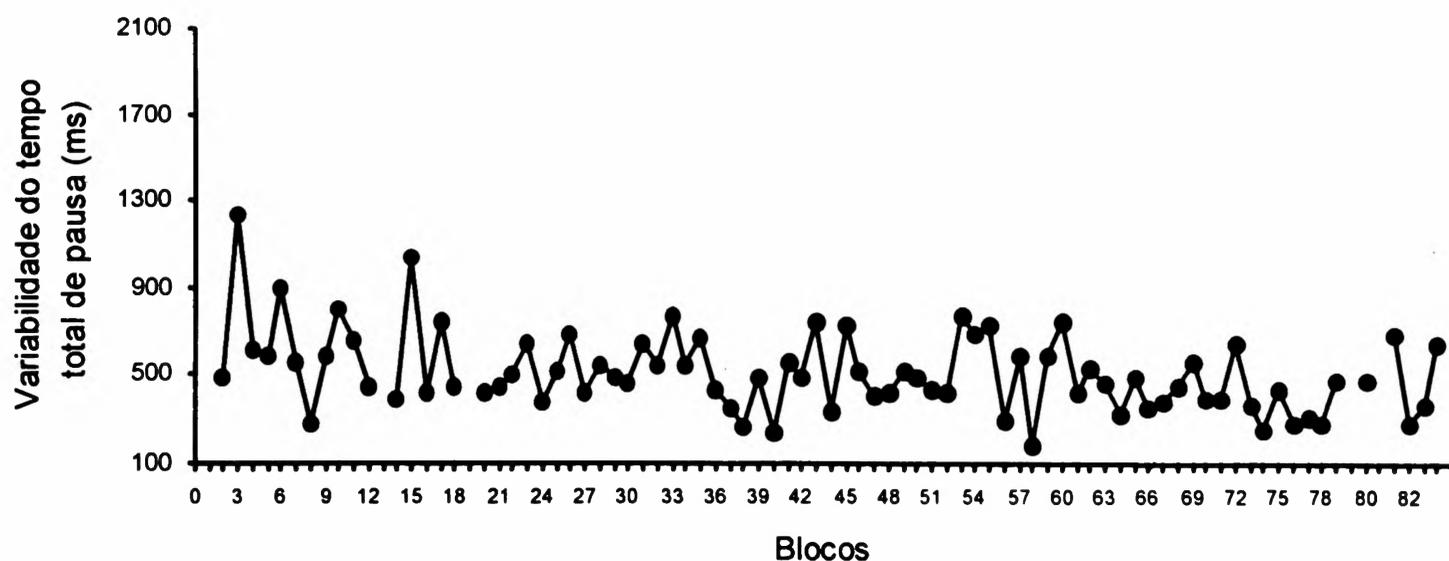
Sujeito 3

FIGURA 6 – Variabilidade do seqüenciamento dos Sujeitos 1, 2 e 3, por blocos de 10 tentativas.

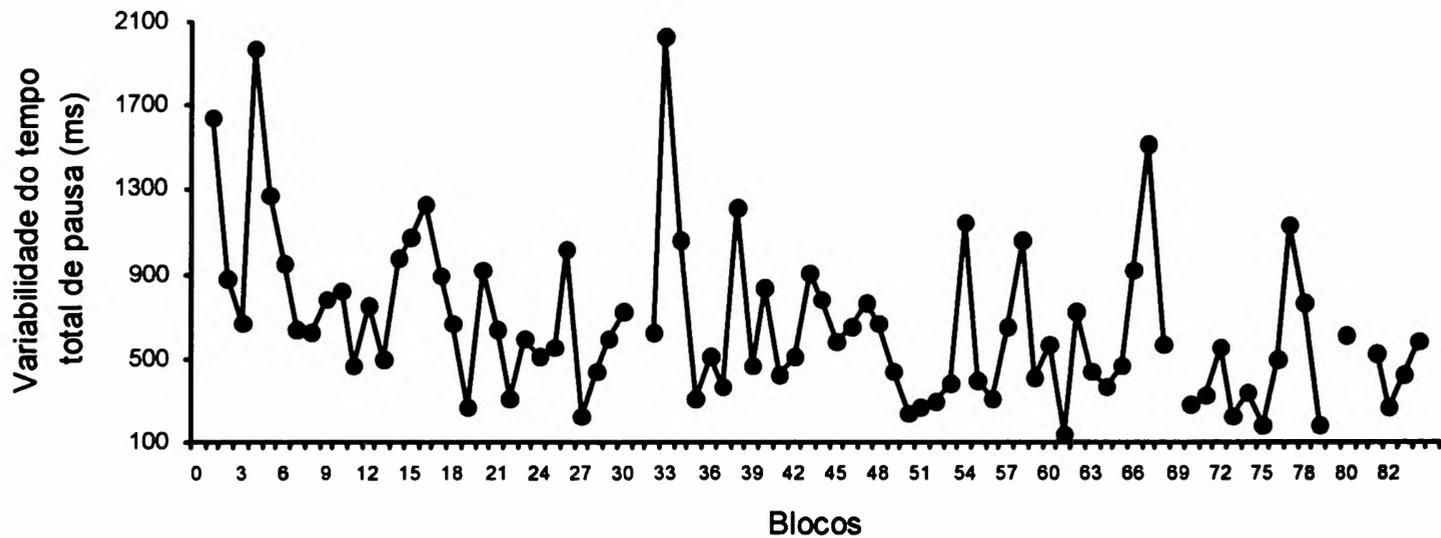
Variabilidade na micro-estrutura

Na FIGURA 7, pode ser observado que houve uma diminuição do tempo total de pausa dos três sujeitos. Vale lembrar que, por ser uma medida relacionada aos componentes da ação, esta medida corresponde à variabilidade na micro-estrutura do programa de ação. Mais uma vez a diminuição da variabilidade não foi gradativa. Diferentemente do que ocorreu com as curvas descritas até então, não há configuração de patamares nos blocos iniciais dos dois primeiros sujeitos. Para o Sujeito 1 só é

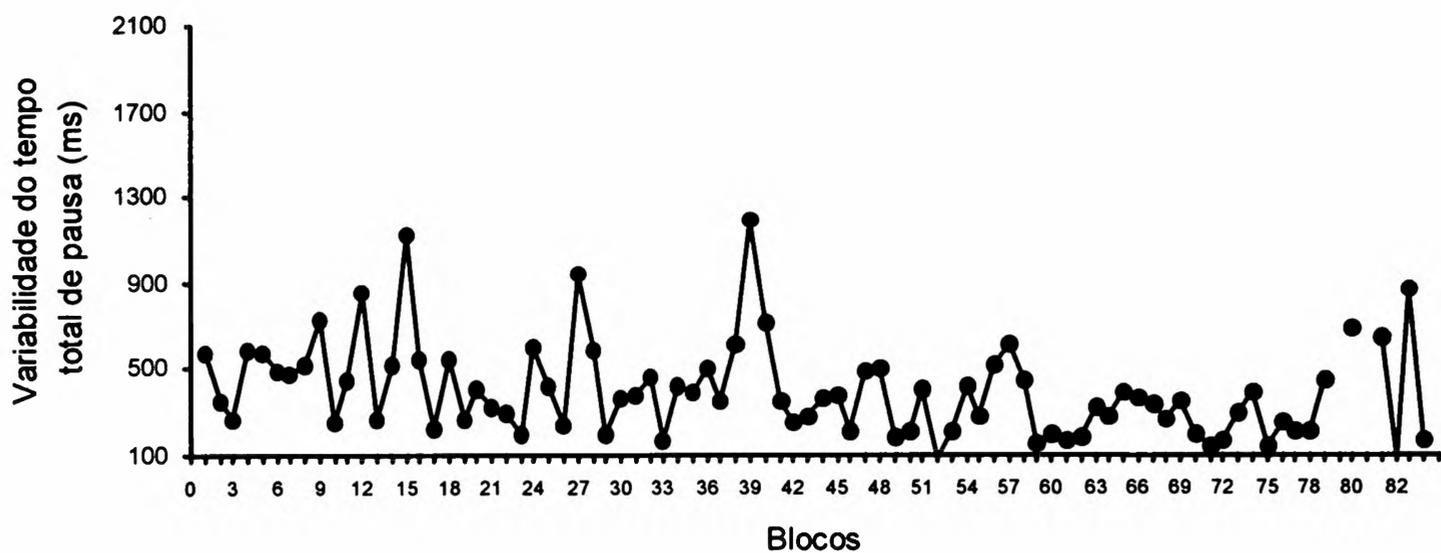
possível identificar o início da configuração do primeiro patamar no bloco 20 e para o Sujeito 2, no 23o. bloco. Já na curva correspondente ao Sujeito 3 pode-se observar o início da configuração de um primeiro patamar no 4o. bloco. Chama a atenção que para todos os sujeitos, esses patamares compreendem apenas três blocos. Em relação aos últimos blocos da fase de aquisição pode-se verificar que os Sujeitos 2 e 3 aumentaram a variabilidade no bloco que houve modificação do padrão gráfico. O retorno nestes casos se deu no segundo bloco após a perturbação.



Sujeito 1



Sujeito 2

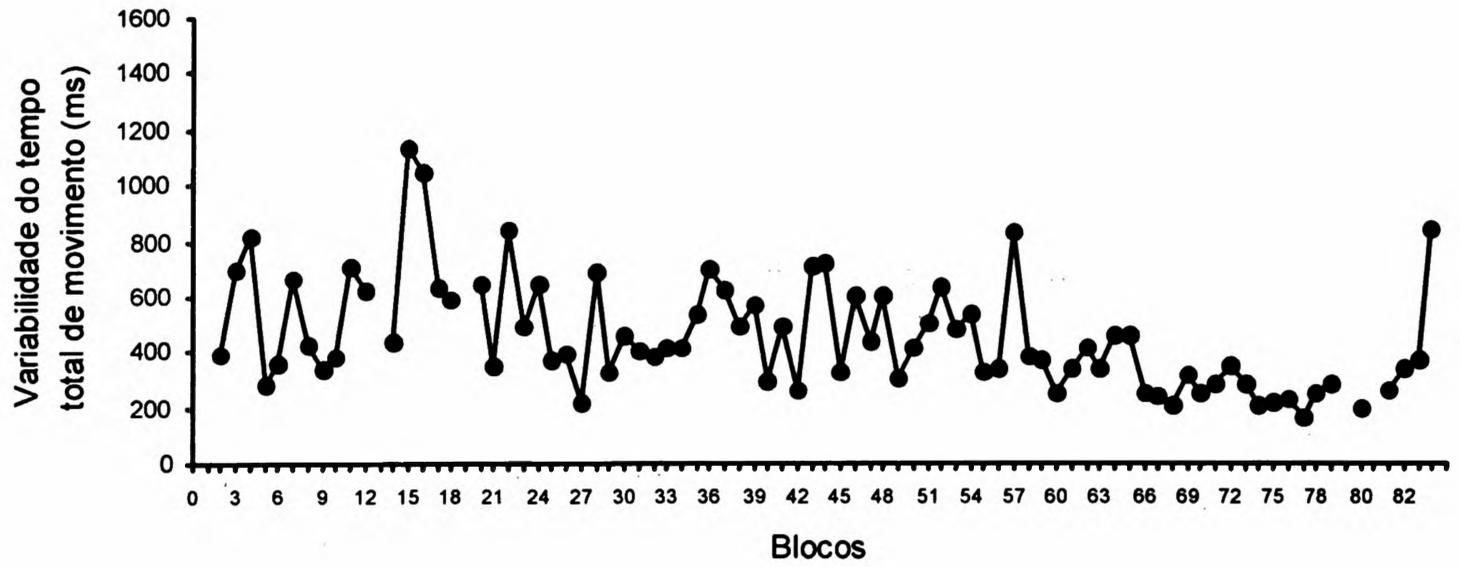


Sujeito 3

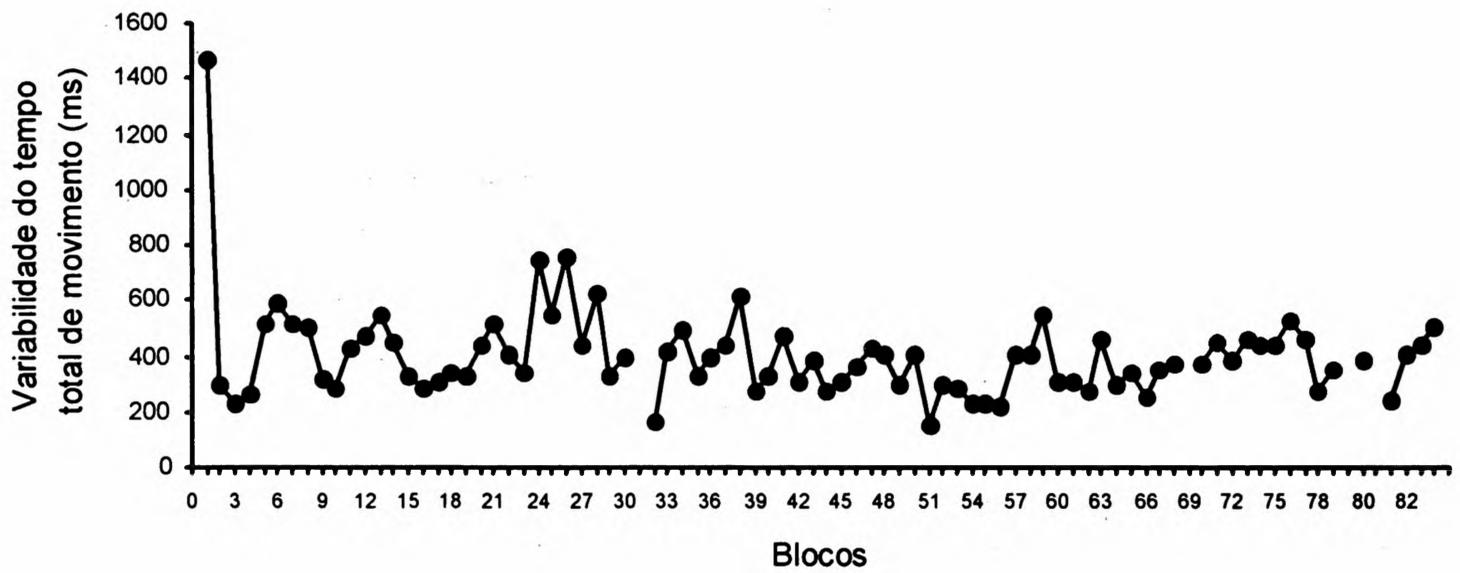
FIGURA 7 – Variabilidade do tempo total de pausa dos Sujeitos 1, 2 e 3, por blocos de 10 tentativas.

Os resultados correspondentes à medida de variabilidade do tempo total de movimento, estão apresentados, para cada sujeito respectivamente, na FIGURA 8. De uma forma geral, houve uma ligeira diminuição da variabilidade nesta medida. Para o Sujeito 1, o início da configuração do primeiro patamar se deu somente no 30o. bloco de tentativas. A configuração ocorre no 5o. e no 2o. blocos, para os

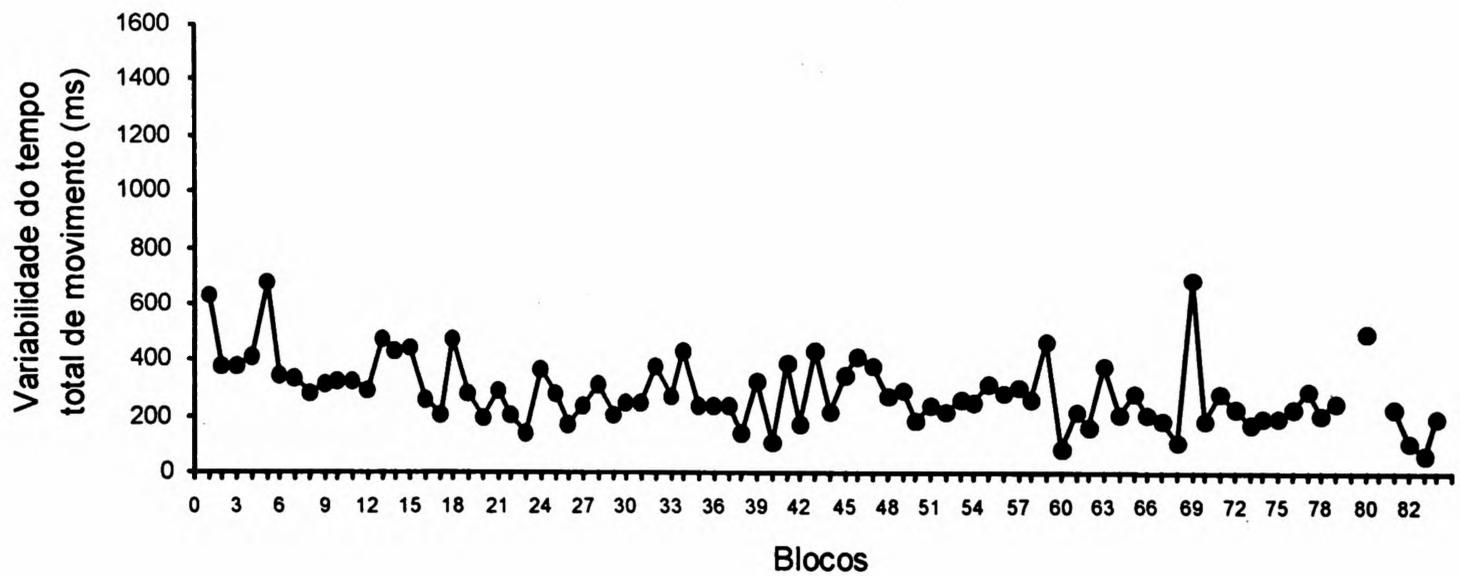
Sujeitos 2 e 3, respectivamente. Já no bloco correspondente à realização da tarefa modificada, os Sujeitos 1 e 3 apresentaram alteração na variabilidade, em relação ao bloco anterior. Vale ressaltar que o Sujeito 1, diminuiu a variabilidade e o Sujeito 3 a aumentou. Os sujeitos retornaram ao nível anterior no primeiro bloco após a perturbação.



Sujeito 1



Sujeito 2



Sujeito 3

FIGURA 8 – Variabilidade do tempo total de movimento dos Sujeitos 1, 2 e 3, por blocos de 10 tentativas.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Como apresentado anteriormente, um dos objetivos do presente estudo foi o de descrever a curva de desempenho associada a medidas macro e micro para inferir sobre a formação de um programa de ação hierarquicamente organizado. Em termos de desempenho global pôde-se observar que ao longo das tentativas de aquisição houve diminuição do tempo total de pausa e do tempo total de movimento. Ou seja, como era de se esperar, com a prática, a fluência na reprodução do padrão gráfico aumentou e o tempo gasto para a realização de seus componentes diminuiu. No entanto, como nem sempre é considerado pelas teorias de automatização (Logan, 1988; Newell & Rosenbloom, 1981; Schneider & Detweiler, 1987; Schneider & Shiffrin, 1977), estas mudanças não foram gradativas, pois foi possível identificar a configuração de patamares. Para o Sujeito 1, o início do patamar, em ambas as medidas de desempenho global, foi no 4o. bloco. Para os Sujeitos 2 e 3, o início do patamar na curva de tempo total de pausa (blocos 6 e 5, respectivamente) ocorreu após o início do patamar na curva de tempo total de movimento (blocos 2 e 3, respectivamente). Estes resultados indicam que os Sujeitos 1, 2 e 3 começaram a estabilizar seu desempenho logo no início das tentativas, no 4o., 2o. e 3o. blocos de tentativas, respectivamente. Ou seja, no caso dos Sujeitos 2 e 3, o início da estabilização na medida que reflete o tempo gasto para executar os componentes da tarefa ocorreu antes da estabilização na medida que reflete o intervalo de tempo entre os traços. Isto significa que embora os sujeitos fossem capazes, logo no início de manter a consistência temporal na execução dos traços, ainda variavam o tempo necessário para predizer os traços subsequentes.

Os resultados relacionados às medidas de variabilidade na macro-estrutura indicaram que, como o previsto, a variabilidade foi maior no início da prática do que no seu final. Ao longo das tentativas de aquisição houve aumento da interação entre os componentes da ação, aumento da consistência no tempo gasto para executar os traços e aumento da consistência do seqüenciamento.

Os resultados também indicaram que, como o previsto, houve proximidade entre os momentos de início dos patamares das medidas de desempenho global e os de menor variabilidade da macro-estrutura. O Sujeito 1 começou a padronizar os aspectos relacionados à interação entre os

componentes da ação, com exceção do seqüenciamento, no 3o. (variabilidade do tempo de pausa relativo) e 6o. bloco de tentativas (variabilidade do tempo de movimento relativo). Ou seja, no caso do Sujeito 1, a padronização de dois aspectos relacionados à interação entre os componentes foi iniciada ao redor do momento em que se observa patamares nas medidas de desempenho global (4o. bloco). Por sua vez, o Sujeito 2 começou a manter o seqüenciamento no 6o. bloco, ou seja, no mesmo bloco que teve início o primeiro patamar do tempo total de pausa. No caso do Sujeito 3, o início dos patamares se deu para todas as medidas entre o 2o. e o 9o. bloco de tentativas, ou seja, bastante próximas.

Nas medidas correspondentes à micro-estrutura do programa de ação, a variabilidade também diminuiu. Este resultado está de acordo com o previsto, pois a variabilidade neste nível deve diminuir. Chamou a atenção que os patamares da variabilidade do tempo total de pausa de todos os sujeitos compreenderam apenas o número mínimo de blocos de tentativas, ou seja, três blocos. Além disso, para os Sujeitos 1 e 2, não foi observada a configuração de patamares nos blocos iniciais nessa medida. Para a variabilidade do tempo total de movimento, também não foi identificada a configuração de um patamar nos blocos de tentativas iniciais para o Sujeito 1. Esses resultados indicam que a configuração de patamares nas medidas de micro-estrutura demanda mais prática que nas medidas de desempenho global e macro-estrutura e, que é mais difícil serem identificados. Em outras palavras, como o esperado, a estabilização do desempenho e dos aspectos relacionados à interação entre os componentes ocorre antes, e de forma mais clara, do que a estabilização na execução dos componentes em si.

Por último, em todas as medidas utilizadas, quando houve perturbação devido à modificação da tarefa no 80o. bloco, foram necessários no máximo dois blocos para a recuperação.

Em conjunto, os resultados estão de acordo com as previsões iniciais. Ao mesmo tempo que a estabilidade no desempenho global correspondeu a uma estabilidade na variabilidade na macro-estrutura, não houve a mesma correspondência desta com a variabilidade na micro-estrutura. Isto é, estes resultados estão de acordo com as previsões de que a variabilidade na macro-estrutura expressa a formação de um

programa de ação hierarquicamente organizado e que, por sua vez, se reflete na estabilidade do desempenho global. Estes resultados também contrariam a visão de que consistência e variabilidade são características mutuamente exclusivas como nos fazem crer, entre outros, Adams (1971) e Logan (1988, 1992). Por ser muito genérica, a variabilidade deve ser diferenciada em variabilidade na macro-estrutura e variabilidade na micro-estrutura pois, como observado neste estudo, a redução da primeira não implica na eliminação da segunda. Em outras palavras, o aumento da consistência resultante da maior interação entre os componentes da tarefa, não implica na eliminação da variabilidade relacionada aos componentes em si.

Em suma, dentro dos limites que uma análise descritiva impõe, os resultados permitem inferir a formação de um programa de ação organizado em dois níveis: uma macro-estrutura refletindo o padrão geral de interação dos componentes e uma micro-estrutura refletindo o comportamento individual dos componentes.

Neste estudo pretendeu-se também identificar o número de tentativas necessárias à estabilização do comportamento, na tarefa utilizada. Embora o número de tentativas necessárias à estabilização do desempenho global na tarefa requerida varia de sujeito para sujeito, pode-se dizer que de uma forma geral, ela se dá logo nos primeiros blocos de tentativas, correspondendo a 40 tentativas. Também se pôde verificar que, em todo caso, no 79o. bloco, o comportamento de todos os sujeitos estava estabilizado. Pois, quando a modificação no padrão gráfico foi suficiente para perturbar a organização da resposta, foram necessárias poucas tentativas para retornar aos níveis pré perturbação.

Por se tratar de um estudo exploratório, as conclusões apresentadas devem ser tratadas de forma cautelosa. No geral, ele ofereceu indícios de

que a abordagem metodológica proposta por Tani (1995) é promissora para a investigação da organização hierárquica de programas de ação em relação ao processo de estabilização. Vale lembrar os estudos conduzidos por Rosenbaum (1985) e Sternberg, Knoll & Turock (1990) que, respectivamente, argumentaram e testaram a estrutura hierárquica de programas motores. Rosenbaum (1985) apresentou a hipótese que um programa motor é uma lista de associações entre comandos motores e pulsos de relógio (emitidos por um mecanismo central) organizada hierarquicamente. Já Sternberg et alii (1990), vão além e enfocam duas propriedades invariantes que advém deste tipo de controle hierárquico: invariância no nível inferior e invariância no nível superior. Ou seja, pressupõe que caso a estrutura seja organizada hierarquicamente, o processo que executa uma unidade constituinte deveria se manter invariante frente a mudanças nos níveis superiores. E, vice versa, que o processo que executa o processo no nível superior deve se manter invariante frente a mudanças no nível dos constituintes. Isto porque as estruturas e subestruturas (programas e sub-programas) que produzem a seqüência inteira e os seus constituintes, respectivamente, atuam de forma autônoma. Em função dessas características, o programa apresenta uma orientação exclusiva à ordem o que torna difícil explicar a adaptabilidade e maleabilidade observados no comportamento motor. Além disso, devido à inclinação teórica dessas proposições (orientados por um modelo de equilíbrio), elas pouco informaram sobre a formação desses programas. A compreensão da complexidade e adaptabilidade que programas apresentam carecem de estudos sobre como tais estruturas são formadas e reorganizadas na constante interação entre indivíduo e ambiente. Esse será o tema de nossos estudos futuros usando a abordagem metodológica aqui apresentada.

ABSTRACT

HIERARCHICAL ORGANIZATION AND STABILIZATION OF AN ACTION PROGRAMME:
A EXPLORATORY STUDY

The purpose of this study was to investigate the stabilization of a graphic skill. It was assumed that stabilization would correspond to the formation of a hierarchically organised action programme. Accordingly, it was expected that the programme's macro-structure would be maintained while the programme's micro-structure would vary in face of perturbations. Three university students practised 83 blocks of 10 trials in order to reproduce a graphic pattern. At the 80th block the task was modified. Measures related to global performance, macro and micro variability, were utilised. With practice there was a decrease in variability on the macro level, as well as a coincidence between the moments when the global performance measure and the macro variability measure plateaus began. There was a quick recovery after task, since performance returned promptly to the levels shown before perturbation. Those results are in agreement with the idea that stabilization implies in the formation of a consistent macro-structure, ie. of a hierarchically organized action programme.

UNITERMS: Motor learning; Stabilization; Action programme.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, J.A. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, v.3, p.111-50, 1971.
- CHOSHI, K.; TANI, G. Stable systems and adaptive systems in motor learning. In: THE SCIENCE of movement V. Tokyo, Japanese Association of Biomechanics, 1983. p.346-51.
- FITTS, P.M.; POSNER, M.I. **Human performance**. Belmont, Brooks/Cole, 1967.
- FREUDENHEIM, A.M.; MANOEL, E.J.; TANI, G. Organização hierárquica e estabilização no processo de aquisição de ações habilidosas: um estudo exploratório. In: ENCONTRO BRASILEIRO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA COGNITIVA, 3., Campinas, 1998. *Anais*. Campinas, 1998. p.32-3.
- LOGAN, G.D. Shapes of reaction-time distributions and shapes of learning curves: a test of the instance theory of automaticity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, v.18, n.5, p.883-914, 1992.
- _____. Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, v.95, n.4, p.492-527, 1988.
- MANOEL, E.J. **Adaptive control and variability in the development of skilled actions**. Sheffield, 1993. 353p. Dissertação (Doutorado) University of Sheffield.
- _____. Controles ótimo e adaptativo na aquisição de habilidades motoras seriadas. *Revista Paulista de Educação Física*, v.6, n.2, p.3-20, 1992.
- _____. **Desenvolvimento do comportamento motor humano: uma abordagem sistêmica**. São Paulo, 321p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo, 1989.
- _____. **Modularização, organização hierárquica e variabilidade na aquisição de habilidades motoras**. São Paulo, 1998. 84p. Dissertação (Livre Docência) – Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.
- MANOEL, E.J.; CONNOLLY, K.J. Variability and the development of skilled actions. *International Journal of Psychophysiology*, n.19, p.129-47, 1995.
- _____. Variability and stability in the development of skilled actions. In: CONNOLLY, K.J.; FORSSBERG, H., eds. **Neurophysiology & neuropsychology of motor development**. London, Mac Keith, 1997. Cap.14, p.286-318.
- NEWELL, A.; ROSENBLOOM, P.S. Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. In: ANDERSON, J.R., ed. **Cognitive skills and their acquisition**. Hillsdale, Erlbaum, 1981. p.1-55.
- ROSENBAUM, D.A. Motor programming: a review and scheduling theory. In: HEUER, H.; KLEINBECK, U.; SCHMIDT, K.H., eds. **Motor behavior: programming, control, and acquisition**. Berlin, Springer-Verlag, 1985. p.1-33.
- SCHNEIDER, W.; DETWEILER, M. A Connectionist/control architecture for working memory. *The Psychology of Learning and Motivation*, v.21, p.53-119, 1987.
- SCHNEIDER, W.; SHIFFRIN, R.M. Controlled and automatic human information processing: I. Detection search, and attention. *Psychological Review*, v.84, n.1, p.1-67, 1977.
- STELMACH, G.E.; DIGGLES, V.A. Control theories in motor behavior. *Acta Psychologica*, v.50, p.83-105, 1982.

STERNBERG, S.; KNOLL, R.L.; TUROCK, D.L. Hierarchical control in the execution of action in the execution of action sequences: tests of two invariance properties. In: JEANNEROD, M., ed. **Attention and performance XIII**. Hillsdale, Erlbaum, 1990. p.3-55.

TANI, G. **The adaptive process in perceptual-motor learning**. Hiroshima, 1982. Dissertação (Doutorado) – Hiroshima University.

_____. **Organização hierárquica do comportamento motor humano**. São Paulo, 1995. /Relatório final de atividades: pós-doutorado/

TANI, G.; BASTOS, F.C.; CASTRO, I.J.; JESUS, J.F.; SACAY, R.C.; PASSOS, S.C.E. Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora. **Revista Paulista de Educação Física**, v.6, n.1, p.16-25, 1992.

TANI, G.; CONNOLLY, K.J.; MANOEL, E.J. **Hierarchical organisation of an action programme in the acquisition of a graphic skill**. /submetido à publicação, 2000/

_____. Sistema antecipatório e o processo adaptativo na aquisição de uma habilidade motora seriada de rastreamento. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 20., São Caetano do Sul, 1996. **Anais**. São Caetano do Sul, Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul, 1996. p.91.

WEISS, P.A. Living systems: determinism stratified. In: KOESTLER, A.; SMYTHIES, J.R., eds. **Beyond reductionism**. London, Hutchinson, 1969.

ZANONE, P.G.; KELSO, J.A.S.; JEKA, J.J. Concepts and methods for a dynamical approach to behavioral coordination and change. In: SLVERSBERGH, G.J.P., ed. **The development of coordination in infancy**. Amsterdam, North Holland, 1993. p.89-135.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos consultores pelas sugestões, que auxiliaram no desenvolvimento do artigo.

Recebido para publicação em: 03 mar. 1999

Revisado: 12 nov. 1999

Aceito: 07 dez. 1999

ENDEREÇO: Andrea M. Freudenheim
Laboratório de Comportamento Motor
Depto. de Pedagogia do Movimento do Corpo Humano
Escola de Educação Física e Esporte – USP
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 - São Paulo - SP - BRASIL