

RAE - CEA - 9602

**RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA
SOBRE O PROJETO: “TRANSFERÊNCIA
ENTRE TAREFAS SINCRONIZATÓRIAS
COM DIFERENTES NÍVEIS DE COMPLE-
XIDADE”.**

**Antonio Carlos Pedroso de Lima
Adriana Sañudo**

- São Paulo, Junho de 1996 -

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA - CEA
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA - NÚMERO 9602
- CÓDIGO 96P02

TÍTULO: “Transferência entre tarefas sincronizatórias com diferentes níveis de complexidade”.

PESQUISADORA: Tânia Cristina Santos Matos.

ORIENTADOR: Luis Augusto Teixeira.

INSTITUIÇÃO: Escola de Educação Física.

FINALIDADE: Mestrado.

RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE: Antonio Carlos Pedroso de Lima e
Adriana Sañudo.

REFERÊNCIA DESTE TRABALHO: Lima, A. C. P. e Sañudo, A.. **Transferência entre tarefas sincronizatórias com diferentes níveis de complexidade.** São Paulo, IME-USP, 1996. (RAE-CEA-9602).

FICHA TÉCNICA

BIBLIOGRAFIA:

Bussab, W. O. e Morettin, P. A. (1987). **Estatística Básica.** 4ª ed. São Paulo: Atual Editora. 321 p.

- Draper, N. R. and Smith, H. (1981). **Applied Regression Analysis**. 2^a ed. New York: John Wiley. 709 p.
- Diggle, P. J., Liang, K. Y. and Zeger, S. L. (1994). **Analysis of Longitudinal Data**. Oxford: Clarendon Press.
- Emerson, P. L. (1968). Numerical Construction of Orthogonal Polynomials from a General Recurrence Formula. **Biometrics**, **24**: 695.
- Magill, R. A. (1984). **Aprendizagem Motora: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher. 273p.
- Microsoft Excel for Windows - Guia do Usuário, Versão 5.0** (1991). Redmond: Microsoft Corporation. 326 p.
- Microsoft Word for Windows - Reference Manual, Release 2.0** (1991). Redmond: Microsoft Corporation. 890 p.
- Minitab for Windows - Reference Manual, Release 10** (1994). State College, PA: Minitab Incorporation. 1072 p.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J. and Wasserman, W. (1996). **Applied Linear Statistical Models**. 4^a ed. U.S.A.: Times Mirror Higher Education Group. 1408 p.
- SAS/IML User's Guide, Release 6.03 Edition**. (1988) Cary, NC: SAS Institute Inc. 357p.
- SAS Institute Inc. SAS® Language Guide, Release 6.03 Edition**. (1988) Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SAS Institute Inc. SAS® Procedures Guide, Release 6.03 Edition**. (1988) Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Weiss, R. E. and Lazaro, C. G. (1992). Residual plots for repeated measures. **Statistics in Medicine**, **11**: 115-124.

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS: Excel, versão 5.0

Minitab for Windows, versão 10.2

SAS for Windows, versão 6.08

SPSS for Windows, versão 6.0

Word for Windows, versão 6.0

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS:

[Entre parênteses encontra-se a Classificação “Statistical Theory & Methods Abstracts” (ISI)]

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Análise de Variância com Modelos Mistos (08:030)

ÁREA DE APLICAÇÃO: Educação Física (14:990).

ÍNDICE

	pag
Resumo.....	06
1. Introdução	07
2. Descrição do Experimento	08
3. Descrição das Variáveis.....	11
4. Análise Descritiva.....	12
4.1. Efeito da Aleatorização nas Variáveis Auxiliares	12
4.2. Dados Brutos	13
4.2. Erro Absoluto.....	16
4.3. Erro Variável	21
4.4. Valores Discrepantes	27
5. Análise Inferencial.....	28
5.1 Erro Absoluto	29
5.2 Erro Variável	35
6. Conclusões.....	41
Apêndices	
Apêndice A.....	42
Apêndice B.....	44
Apêndice C.....	49
Apêndice D.....	53

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar o processo de aprendizagem de dois tipos de tarefa, simples e complexa, bem como o mecanismo de transferência do conhecimento adquirido em um tipo de tarefa no aprendizado da outra. Com essa finalidade, voluntários foram divididos em dois grupos: um submetido à tarefa simples e depois à complexa e o outro na ordem inversa.

Foram consideradas duas características de interesse: precisão temporal e consistência das respostas dos voluntários.

A técnica estatística utilizada tanto para a precisão temporal como para a consistência das respostas foi a de regressão segmentada. Para a consistência adotou-se um modelo de polinômios ortogonais.

Entre outras coisas evidenciou-se que, em termos da precisão, os voluntários que treinaram com a tarefa complexa beneficiaram-se dessa aprendizagem quando foram realizar a tarefa simples. A consistência das respostas dos voluntários apresentaram comportamentos distintos nas diversas fases do experimento.

1. Introdução

A sincronização entre um estímulo externo recebido e uma ação motora decorrente deste estímulo é denominada tarefa sincronizatória ou “timing” antecipatório.

As tarefas sincronizatórias envolvem principalmente habilidades abertas, caracterizadas pela imprevisibilidade do ambiente, exigindo que o executante adeque os parâmetros da sua resposta às características espaciais e temporais do estímulo. O processo de aprendizagem de tarefas sincronizatórias é muito importante em várias situações, principalmente naquelas relacionadas com esportes onde percebe-se que o desempenho habilidoso de um atleta, no que diz respeito às tarefas sincronizatórias, ocorre em função de um alto grau de coordenação e sincronização do movimento executado com relação à chegada do estímulo. A fim de que ocorra esse ajuste perfeito, é necessário que o executante processe várias informações sobre as características do estímulo, e assim possa elaborar e executar a resposta mais adequada em um menor período de tempo.

Outro fator de grande importância nas atividades físicas é a transferência da aprendizagem de tarefas motoras. A transferência, princípio básico de qualquer sistema de ensino, consiste em se aprender uma habilidade motora em algum momento e conseguir aplicar tal aprendizado em outra situação, diferente daquela do aprendizado. Neste estudo a transferência foi medida através do desempenho do indivíduo quando se alterou o grau de complexidade da tarefa motora.

As tarefas motoras realizadas neste experimento foram denominadas de tarefa simples e tarefa complexa. Aqui, tarefa simples é aquela que envolve pequenos grupos musculares enquanto que a tarefa complexa, além de envolver

um maior número de grupos musculares, requer o uso de um acessório ou objeto que dificulta a tarefa.

O objetivo desse trabalho é avaliar o processo de aprendizagem, o desempenho em tarefas sincronizatórias e a transferência de uma tarefa simples para uma complexa e de uma tarefa complexa para uma simples, em voluntários provenientes da área de Educação Física.

2. Descrição do Experimento

Participaram do experimento 40 voluntários, alunos ou professores do curso de Bacharelado em Educação Física, que executaram tarefas motoras simples e complexas.

O material utilizado nessas tarefas foi o “Bassin Anticipation Timer”, que consiste em uma canaleta com 32 diodos emissores de luz (DEL), dispostos em seqüência, e acendendo consecutivamente quando acionados. A tarefa simples consistiu do acionamento de um interruptor, situado na extremidade de um fio, com o polegar da mão dominante assim que o último DEL da seqüência acendesse (Figura 2.1). A tarefa complexa envolveu a simulação, com a mão dominante, de uma batida do tipo “forehand” do tênis com uma raquete de badminton numa bola de borracha localizada sobre o interruptor, assim que o último DEL da seqüência acendesse (Figura 2.2).

Figura 2.1: Desenho esquemático da Tarefa Simples

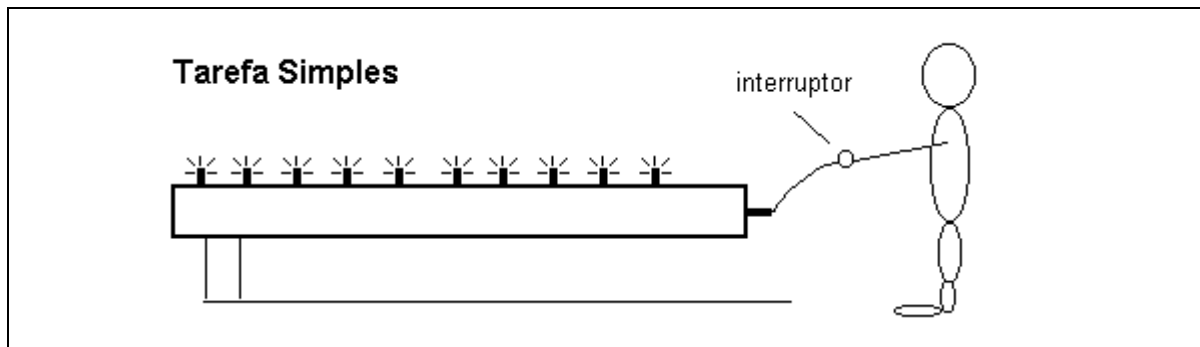
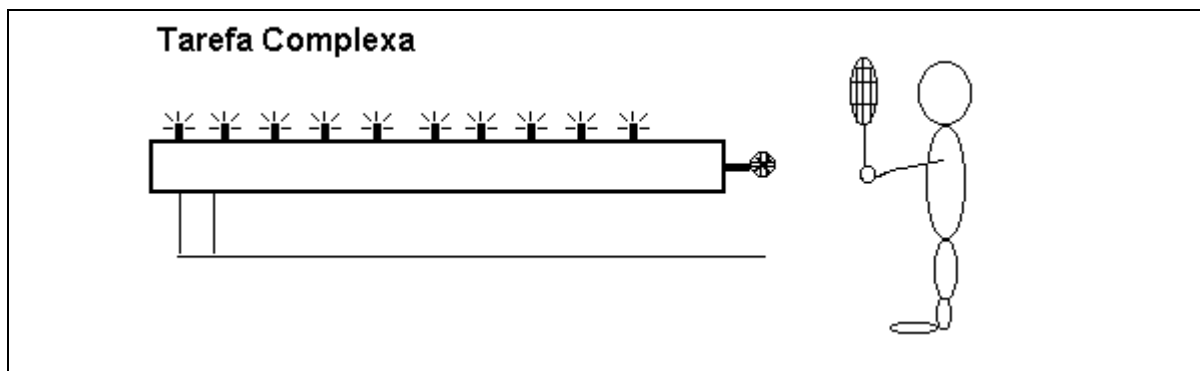


Figura 2.2: Desenho esquemático da Tarefa Complexa



Os indivíduos foram divididos aleatoriamente em dois grupos com o mesmo número de homens e mulheres (11 mulheres e 9 homens). O primeiro grupo, aqui denominado **Simples-Complexo**, realizou inicialmente a tarefa simples e a transferência com a tarefa complexa; o segundo grupo, **Complexo-Simples**, realizou inicialmente a tarefa complexa e a transferência com a tarefa simples.

O experimento se desenvolveu em quatro etapas realizadas em quatro dias diferentes, onde foi fixado um prazo máximo de duas semanas para todas as etapas. A seguir apresentamos uma descrição dessas etapas:

1. **pré-teste** - composto por 50 tentativas sem conhecimento de resultado, isto é, o indivíduo não era informado se teve a reação motora antes ou depois que o último DEL da sequência acendeu.
2. **prática** - composta por 400 tentativas com conhecimento de resultado em tentativas alternadas. Essas tentativas foram divididas em blocos de 50 para que o indivíduo descansasse, sendo que o período de descanso foi de 2 minutos entre um bloco e outro. As primeiras 100 tentativas foram feitas no mesmo dia do pré-teste e as 300 tentativas restantes foram executadas em outros dois dias, sendo 150 tentativas por dia.
3. **pós-teste** - mesmo procedimento do pré-teste (50 tentativas sem conhecimento de resultado).
4. **transferência** - 50 tentativas sem conhecimento de resultado, sendo que, neste momento, o indivíduo realizou o teste com a tarefa diferente daquela determinada nas fases anteriores.

Segue abaixo um esquema das etapas do estudo:

a) Grupo Simples-Complexo: Número de tentativas

Tarefa Simples				Tarefa Complexa
1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	4º dia
Pré - teste	Prática	Prática	Prática	Transferência
50	100	150	150	50

b) Grupo Complexo-Simples: Número de tentativas

Tarefa Complexa				Tarefa Simples
1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	4º dia
Pré - teste	Prática	Prática	Prática	Transferência
			Pós - teste	

50	100	150	150	50	50
----	-----	-----	-----	----	----

Em cada uma das etapas o indivíduo deveria sincronizar o aperto do botão ou a batida na bola de borracha com o momento em que acendesse o último DEL da seqüência.

Durante todas as etapas descritas, um aparelho registrou a diferença de tempo, em milisegundos (ms), entre o instante em que o indivíduo recebeu o estímulo e o instante de sua reação motora. Essa diferença de tempo assumiu valores negativos quando o indivíduo teve a reação motora *antes* que o último DEL da seqüência acendesse, e valores positivos quando o indivíduo reagiu *depois* que o último DEL da seqüência acendesse. Esses tempos foram anotados em uma ficha, cujo modelo está apresentado no Apêndice A.

3. Descrição das Variáveis

- diferença de tempo = instante que recebeu o estímulo - instante da reação motora (ms);
- sexo (masculino ou feminino);
- idade (em anos);
- nível superior (completo ou incompleto);
- mão dominante (direita ou esquerda).

A partir da diferença de tempo obtida foram construídas duas novas variáveis:

Erro Absoluto - é a média dos valores absolutos das diferenças de tempo de um indivíduo nas tentativas.

Erro Variável - é o desvio padrão das diferenças de tempo de um indivíduo nas tentativas.

Por exemplo, se as dez primeiras diferenças de tempo de um indivíduo no pré-teste é representada por $d_1, \dots, d_{10}$, então o *erro absoluto* será dado por $\frac{\sum_{i=1}^{10} |d_i|}{10}$

e o *erro variável* será dado por $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (d_i - \bar{d})^2}{10}}$.

Em estudos envolvendo aprendizagem motora, essas duas variáveis são usualmente utilizadas para medir, respectivamente, a precisão temporal e a consistência das respostas dos voluntários nas tarefas executadas. Notemos que ambas as medidas são não negativas e um valor igual a zero indicaria um desempenho perfeito dos voluntários.

4. Análise Descritiva

Inicialmente, analisaremos se a aleatorização utilizada levou a uma homogeneização das variáveis auxiliares idade, nível superior e mão dominante. Em seguida apresentaremos as estatísticas descritivas para os dados brutos e então para as variáveis *erro absoluto* e *erro variável*. Tais análises serão realizadas nos 20 indivíduos do grupo Simples-Complexo e nos 20 restantes do grupo Complexo-Simples.

Nas subseções Erro Absoluto (4.3) e Erro Variável (4.4), além das estatísticas descritivas construímos diagramas do tipo “Box-Plot” (ver Bussab e Morettin (1987)) com o intuito de avaliarmos o comportamento dos voluntários em cada um dos blocos das fases do experimento. Com esses “box-plots” poderemos ter, além de uma visualização do comportamento das variáveis observadas, informações sobre a variabilidade em cada grupo, uma vez que foram feitos na

mesma escala. No Apêndice B temos os “box-plots” para cada fase em separado, para cada um dos grupos.

4.1. Efeito da Aleatorização nas Variáveis Auxiliares

No grupo Simples-Complexo a idade variou de 19 a 36 anos (média = 25,05 anos e erro padrão = 1,30) e no grupo Complexo-Simples, a idade variou de 18 a 37 anos (média = 25,60 anos e erro padrão = 1,10). De acordo com a Tabela 4.1, notamos que os grupos constituídos são bastante homogêneos com relação às características observadas para cada voluntário.

Tabela 4.1: Comportamento das variáveis auxiliares

Grupo	Mão Dominante		Nível Superior	
	Direita	Esquerda	Completo	Incompleto
Simples-Complexo	16	4	6	14
Complexo-Simples	17	3	5	15

4.2. Dados Brutos

Os dados foram agrupados em blocos de tentativas. O pré-teste foi analisado em 5 blocos de 10 tentativas cada. Na fase de prática, foi utilizado apenas o bloco central isto é, da 21^a a 30^a tentativas. Foram desprezadas as primeiras 20 tentativas, para garantir que o voluntário tivesse retornado aos padrões normais da atividade depois do descanso de 2 minutos, e as 20 últimas tentativas pelo fato do voluntário poder estar cansado. Assim, a prática constituiu-se de 8 blocos com 10 tentativas cada. O pós-teste e a transferência foram agrupados da mesma forma que o pré-teste.

Para se ter uma idéia inicial de como se desenvolveu o experimento, construímos gráficos das tentativas de um voluntário, selecionado ao acaso, do

grupo Simples-Complexo e de um outro voluntário, também selecionado ao acaso, do grupo Complexo-Simples, em alguns blocos de cada uma das fases do experimento. Estes gráficos encontram-se no Apêndice C, onde os Gráficos C.1 ao C.4 são referentes às tentativas do voluntário 1 do grupo Simples-Complexo e os Gráficos C.5 ao C.8 são do voluntário 1 do grupo Complexo-Simples. Comparando-se os Gráficos C.1, C.2 e C.3 notamos que a *diferença de tempo* entre o instante em que o indivíduo recebeu o estímulo e o instante de sua reação motora tende a diminuir de uma fase para outra, possivelmente indicando que houve um aprendizado da tarefa. Quando houve a mudança da tarefa, isto é, na fase de transferência, observamos um comportamento parecido com o pré-teste (Gráfico C.1). Os Gráficos C.5, C.6 e C.7 mostram comportamento semelhante aos Gráficos C.1, C.2 e C.3. No Gráfico C.8 notamos que em todas as tentativas da fase de transferência o voluntário teve a reação motora antes que o último DEL da seqüência acendesse.

As Tabelas 4.2 e 4.3 contêm as estatísticas descritivas de cada um dos grupos para a variável *diferença de tempo*.

Pela Tabela 4.2 observamos que em todas as fases, exceto na fase de prática executada no 1º dia, em média, os voluntários tiveram a reação motora depois que o último DEL da seqüência acendeu. Notamos, que com a prática os tempos médios de reação tiveram uma diminuição com relação ao pré-teste, reforçando de certa forma que houve aprendizado da tarefa. Nessas fases também houve uma diminuição na variabilidade. No pós-teste notamos um aumento no tempo médio de reação com relação à prática e comparando-se o pós-teste com o pré-teste, observamos uma diminuição da variabilidade. Na fase de transferência, o comportamento dos voluntários é bem distinto das outras fases, isto é, temos média alta e grande variabilidade, não nos parecendo que houve transferência, se comparado ao pós-teste.

Tabela 4.2: Estatísticas descritivas para diferença de tempos para o grupo Simples-Complexo

	1º dia		2º dia	3º dia	4º dia	
	Pré-teste	Prática	Prática	Prática	Pós-teste	Transferência
Média	16,62	-0,58	4,31	5,04	12,01	61,71
Mediana	19,00	2,00	5,00	2,50	11,00	62,00
Desvio padrão	79,94	65,23	50,51	42,86	44,33	70,37
Mínimo	-387,00	-296,00	-197,00	-140,00	-181,00	-277,00
Máximo	196,00	256,00	189,00	119,00	157,00	382,00
Nº de obs.	1000	400	600	600	1000	1000

Tabela 4.3: Estatísticas descritivas para diferença de tempos para o grupo Complexo-Simples

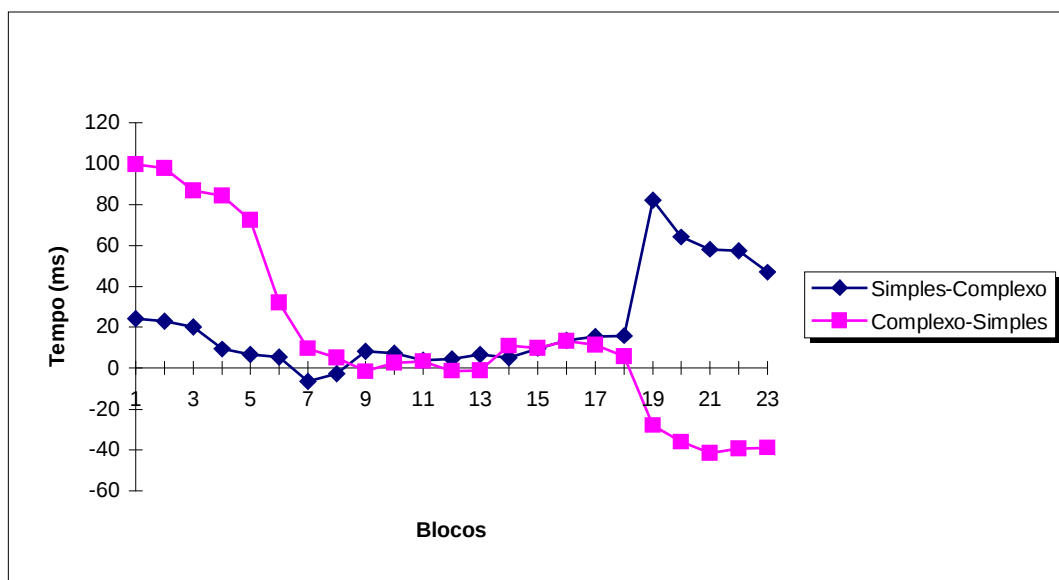
	1º dia		2º dia	3º dia	4º dia	
	Pré-teste	Prática	Prática	Prática	Pós-teste	Transferência
Média	88,25	20,90	2,18	0,36	10,32	-36,69
Mediana	90,50	20,00	4,00	6,50	8,00	-33,00
Desvio padrão	79,02	64,65	53,82	48,42	48,41	55,34
Mínimo	-275,00	-167,00	-182,00	-204,00	-197,00	-258,00
Máximo	333,00	275,00	222,00	197,00	218,00	190,00
Nº de obs.	1000	400	600	600	1000	1000

De acordo com a Tabela 4.3 observamos inicialmente que, em média, os tempos de reação apresentam valores elevados e uma alta variabilidade (pré-teste), os quais diminuem com as fases de prática. No pós-teste, há um pequeno acréscimo no tempo de reação médio em comparação com a prática mas, em termos de variabilidade não parecem existir diferenças. Na transferência, notamos que, em média, os voluntários tiveram a reação motora antes que o último DEL da seqüência acendesse, mostrando uma mudança de comportamento, pois em todas as outras fases os indivíduos estavam atrasados e na fase de transferência, em média, eles se mostraram adiantados.

Observando os resultados das tabelas 4.2 e 4.3 conjuntamente, parece que houve maior transferência ao termos inicialmente a tarefa complexa e depois a

tarefa simples do que o contrário, isto é, quando comparamos o pré-teste com a transferência na tarefa simples notamos um maior decréscimo dos tempos de reação médio do que quando comparamos o pré-teste com a transferência na tarefa complexa.

Gráfico 4.1: Gráfico de médias por bloco para a *diferença de tempos*



O Gráfico 4.1 representa as médias dos tempos de reação em cada um dos blocos do experimento, para cada grupo. No pré-teste (blocos 1 a 5), em ambos os grupos, os tempos médios de reação são altos e tendem a diminuir de um bloco para outro. Na fase de prática (blocos 6 a 13) os tempos médios, além de terem diminuído com relação ao pré-teste, ficaram constantes parecendo-nos que houve aprendizagem da tarefa em ambos os grupos. No pós-teste (blocos 14 a 18), mesmo sem conhecimento de resultados os tempos de reação permaneceram constantes. Na transferência (blocos 19 a 23) notamos um comportamento bem distinto entre os dois grupos, pois no grupo Complexo-Simples em todos os blocos a reação dos voluntários ocorreu antes que o último

DEL da seqüência acendesse. O desempenho do grupo Simples-Complexo na transferência foi pior que em todas as outras fases do estudo.

4.3. Erro Absoluto

As Tabelas 4.4 e 4.5 contêm as estatísticas descritivas de cada um dos grupos para a variável *erro absoluto*.

Tabela 4.4: Estatísticas descritivas do erro absoluto para o grupo Simples-Complexo

	1º dia		2º dia	3º dia	4º dia	
	Pré-teste	Prática	Prática	Prática	Pós-teste	Transferência
Média	63,06	47,87	38,49	34,12	35,80	75,67
Mediana	55,75	40,55	35,25	33,65	34,65	67,75
Desvio padrão	36,37	25,79	18,43	12,39	14,74	37,02
Mínimo	12,50	20,20	13,80	11,80	12,20	25,50
Máximo	216,20	150,50	115,90	68,00	90,70	186,50
Nº de obs.	100	40	60	60	100	100

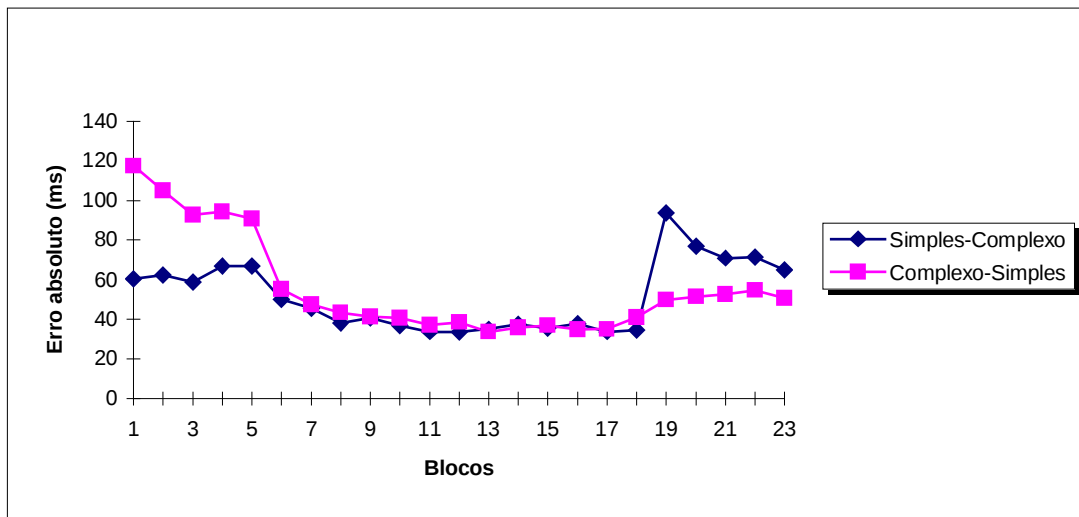
Observando a Tabela 4.4, notamos que no pré-teste o valor médio do *erro absoluto* e a variabilidade dos blocos de tentativas são altos, indicativo de pouca precisão; conforme vão se realizando as práticas esse valor médio vai diminuindo juntamente com a variabilidade, isto é, parece ter havido um aumento na precisão dos voluntários depois da prática, fornecendo indicações de que houve aprendizado da tarefa. No pós-teste, houve um pequeno aumento na média do *erro absoluto* e na variabilidade com relação ao último dia de prática. Já na transferência observamos um comportamento pior do que no pré-teste, isto é, quando foi trocada a tarefa a precisão dos voluntários diminuiu.

Tabela 4.5: Estatísticas descritivas do erro absoluto para o grupo Complexo-Simples

	1º dia		2º dia	3º dia	4º dia	
	Pré-teste	Prática	Prática	Prática	Pós-teste	Transferência
Média	100,16	51,37	41,77	36,57	36,69	51,93
Mediana	95,30	44,55	39,40	33,25	31,25	47,20
Desvio padrão	41,44	27,54	16,47	15,67	20,48	25,90
Mínimo	34,10	19,70	18,00	14,40	13,70	14,50
Máximo	197,40	163,50	82,40	94,20	126,20	124,00
Nº de obs.	100	40	60	60	100	100

A Tabela 4.5 apresenta um comportamento similar ao da Tabela 4.4, isto é, tanto a média como a variabilidade apresentam valores altos na fase de pré-teste, decrescendo à medida que as fases de prática se desenvolvem. Existem evidências de aumento da precisão dos voluntários na realização da tarefa complexa. Observando o período pós-teste para este caso notamos um comportamento semelhante ao último período de prática. O período de transferência apresenta média e variabilidade maiores do que na fase de pós-teste, entretanto tais valores são sensivelmente menores do que aqueles observados no pré-teste.

O Gráfico 4.2 representa o valor médio dos *erros absolutos* em cada um dos blocos do experimento, para cada grupo. Observando-se tal gráfico notamos que no pré-teste (blocos 1 a 5), em ambos os grupos, a precisão dos voluntários são baixas porém tendem a aumentar de um bloco para outro. Na fase de prática (blocos 6 a 13), em ambos os grupos, parece que a média das diferenças de tempos absolutos diminuíram com relação ao pré-teste, elas se tornam quase iguais nos dois grupos. O pós-teste (blocos 14 a 18), mostrou-se como uma continuação da prática. Na transferência (blocos 19 a 23) notamos que a precisão do grupo Simples-Complexo é inferior àquela observada para o grupo Complexo-Simples.

Gráfico 4.2: Gráfico de médias por bloco para o erro absoluto

Observando-se a Figura 4.1 verificamos que para o grupo Simples-Complexo, do pré-teste até a fase final do pós-teste, os voluntários apresentaram melhora na precisão, pois houve redução tanto da mediana como da variabilidade do erro absoluto. A passagem da fase final do pós-teste para a inicial da transferência deu-se com piora da precisão, chegando a ser maior do que os níveis apresentados no pré-teste, demonstrando assim maior dificuldade inicial para a realização da tarefa complexa. Durante o teste de transferência a precisão foi melhorando, pois observamos diminuição da mediana e da variabilidade.

Figura 4.1: “Box-Plot” do grupo Simples-Complexo para erro absoluto

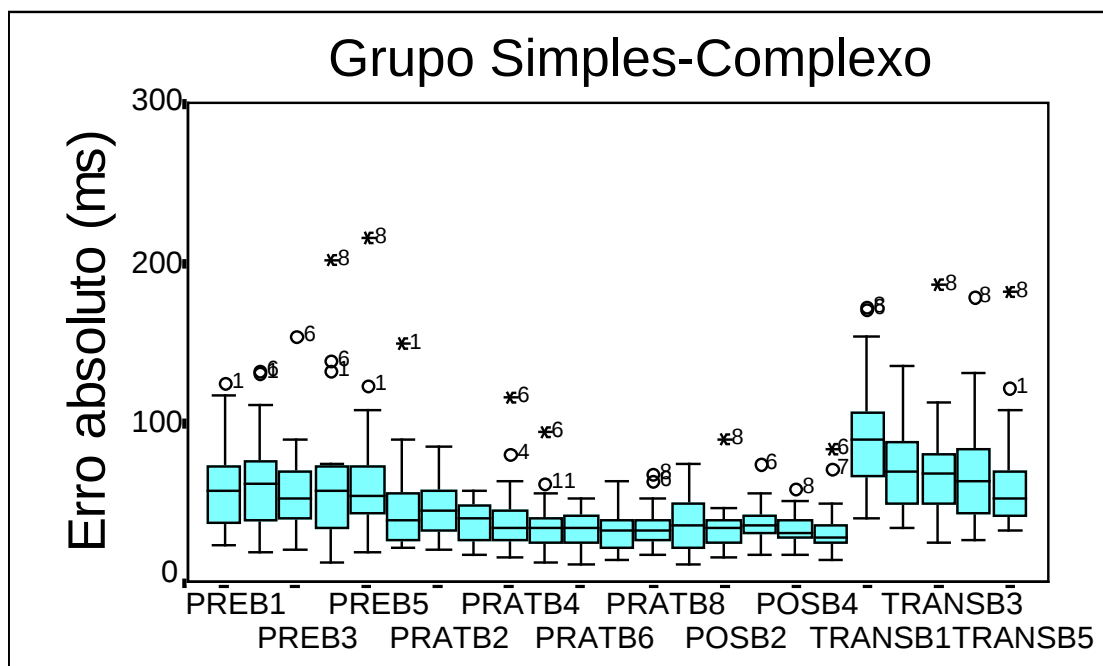
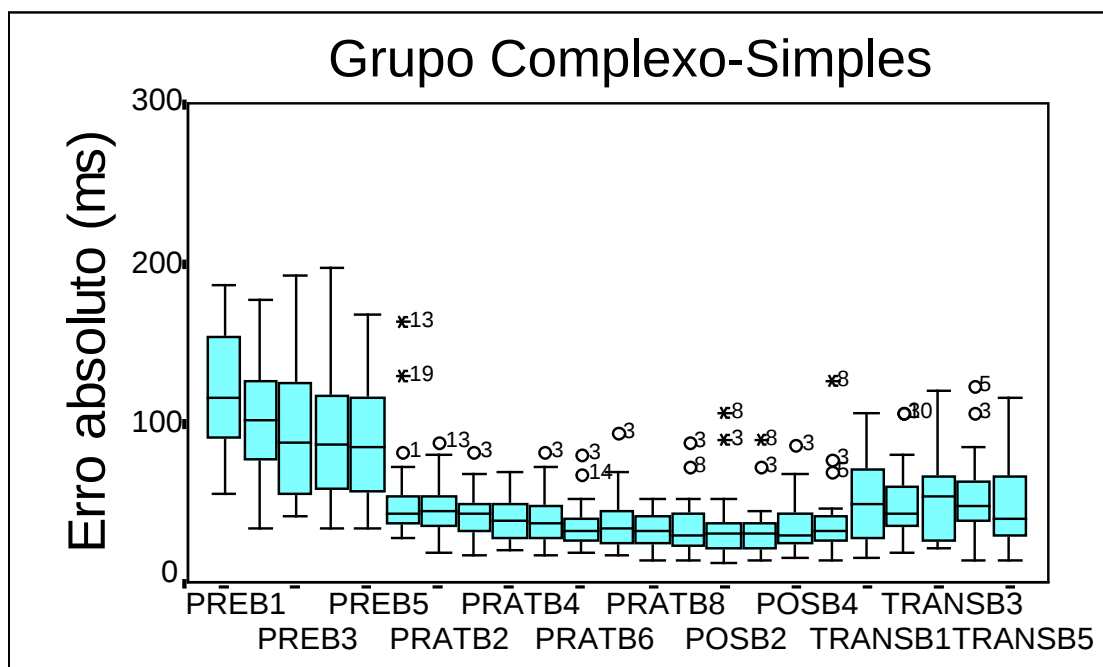


Figura 4.2: “Box-Plot” do grupo Complexo-Simples para erro absoluto

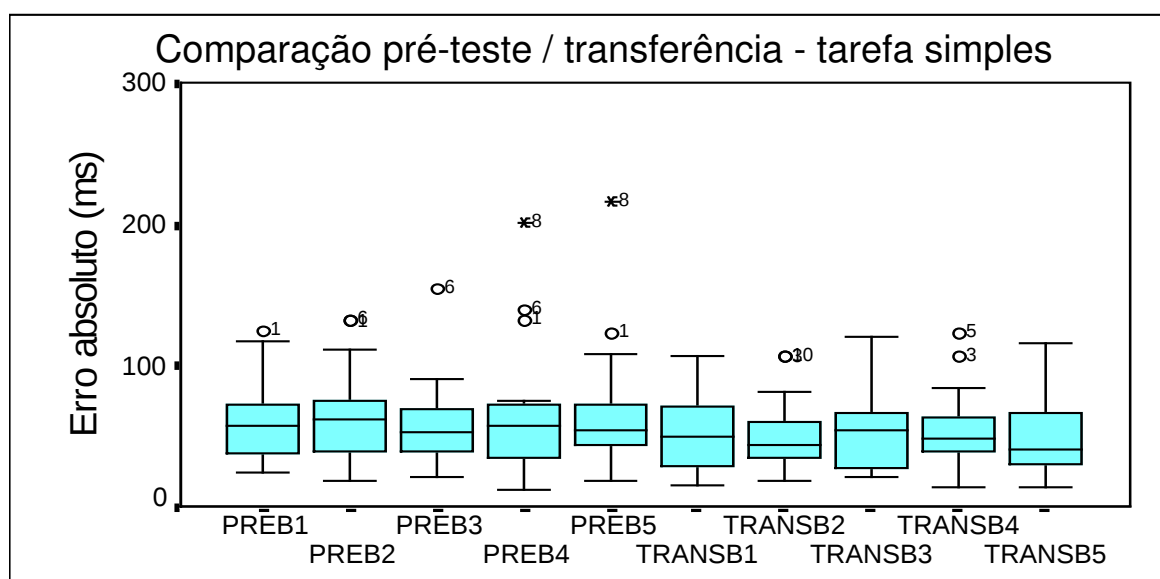


Pela Figura 4.2 observamos que, para o grupo Complexo-Simples, o pré-teste apresentou do início até o final alta variabilidade da precisão com suave tendência à diminuição com a evolução do teste, demonstrando uma dificuldade

inicial para a realização da tarefa proposta (tarefa complexa). Desde o primeiro bloco da fase de prática notamos diminuição da mediana e da variabilidade em comparação com o pré-teste. Esses níveis mantiveram-se por toda a fase de prática. O pós-teste apresentou-se com precisão superior ao pré-teste e quase como uma continuação da fase de prática, o que nos faz crer que a aprendizagem realmente ocorreu. A fase de transferência iniciou-se com desempenhos piores do que os observados na fase final do pós-teste, e o comportamento dentro dessa fase não apresentou tendência à melhora.

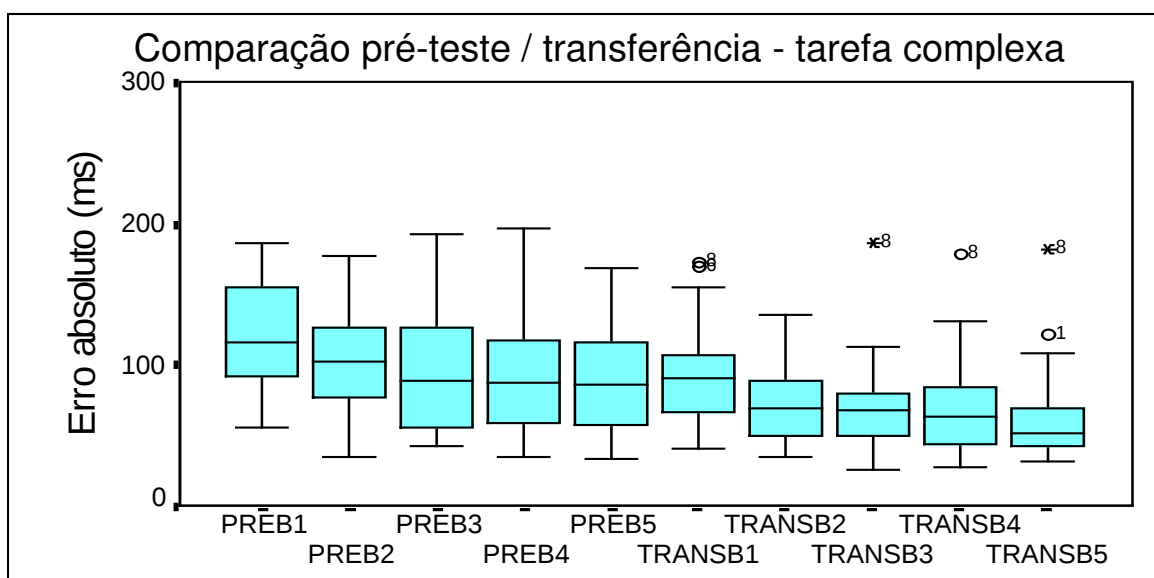
A comparação do pré-teste do grupo Simples-Complexo com o teste de transferência do grupo Complexo-Simples (ambos realizados com a tarefa simples) não apresenta, aparentemente, diferença em termos de precisão o que nos leva à interpretação de que não se verificou, neste caso, o efeito da transferência da aprendizagem (Figura 4.3).

Figura 4.3: “Box-Plot” da comparação pré-teste do grupo Simples-Complexo com a transferência do grupo Complexo-Simples para erro absoluto



As fases do teste de transferência do grupo Simples-Complexo apresentaram melhor desempenho do que as fases do pré-teste do grupo Complexo-Simples (ambas realizadas com a tarefa complexa), fato que pode nos indicar um efeito benéfico da prática prévia com a tarefa simples para a precisão na tarefa complexa (Figura 4.4).

Figura 4.4: “Box-Plot” da comparação pré-teste do grupo Complexo-Simples com a transferência do grupo Simples-Complexo para erro absoluto



4.4. Erro Variável

As Tabelas 4.6 e 4.7 contêm as estatísticas descritivas de cada um dos grupos para o *erro variável*. Observando a Tabela 4.6, notamos que, em termos de consistência, não há grandes variações nem da média nem da variabilidade do grupo Simples-Complexo: ambos mantêm-se quase inalterados de uma fase para a outra, com exceção da fase de transferência, onde se observa um acréscimo da média e do desvio padrão.

Tabela 4.6: Estatísticas descritivas do erro variável para o grupo Simples-Complexo

	1º dia		2º dia	3º dia	4º dia	
	Pré-teste	Prática	Prática	Prática	Pós-teste	Transferência
Média	47,40	48,91	37,46	36,17	35,12	49,28
Mediana	46,25	44,53	34,97	33,64	33,53	42,43
Desvio padrão	17,26	22,72	13,96	12,71	13,80	24,42
Mínimo	15,05	23,50	17,25	12,36	10,87	14,21
Máximo	91,41	116,83	89,46	66,45	87,64	125,68
Nº de obs.	100	40	60	60	100	100

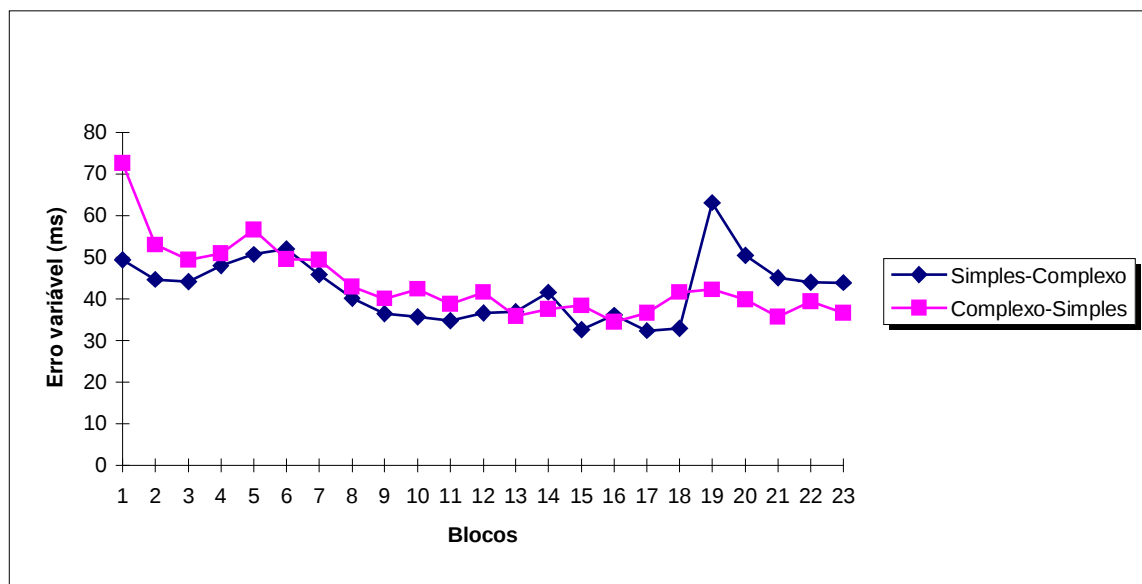
Observando-se a Tabela 4.7 o grupo Complexo-Simples apresentou uma diminuição na média do *erro variável*; se olharmos do pré-teste ao pós-teste, o mesmo ocorreu com a variabilidade. A fase de transferência desse grupo não apresentou grandes diferenças de média e variabilidade quando comparadas com o pós-teste.

Tabela 4.7: Estatísticas descritivas do erro variável para o grupo Complexo-Simples

	1º dia		2º dia	3º dia	4º dia	
	Pré-teste	Prática	Prática	Prática	Pós-teste	Transferência
Média	56,50	49,52	41,74	38,75	37,70	38,74
Mediana	52,14	47,47	39,87	34,81	33,66	35,48
Desvio padrão	26,04	20,57	18,76	17,04	17,73	17,06
Mínimo	23,27	21,54	16,09	10,50	14,86	15,28
Máximo	167,06	107,03	98,21	107,51	108,59	90,14
Nº de obs.	100	40	60	60	100	100

O Gráfico 4.3 representa o valor médio do *erro variável* em cada um dos blocos do experimento, para cada grupo. No pré-teste (blocos 1 a 5), em ambos os grupos, as respostas dos voluntários são mais consistentes. Na fase de prática (blocos 6 a 13), em ambos os grupos, tal fato mostrou-se mais evidente. O pós-teste (blocos 14 a 18), mostrou-se como uma continuação da prática no grupo Complexo-Simples enquanto que no grupo Simples-Complexo houve blocos com diminuição e outros com elevação das respostas. Na transferência (blocos 19 a 23) notamos que o grupo Complexo-Simples não alterou o seu padrão de resposta mesmo com a troca de tarefa; no grupo Simples-Complexo notamos um aumento na resposta no bloco 19 e depois uma diminuição nas respostas de um bloco para outro.

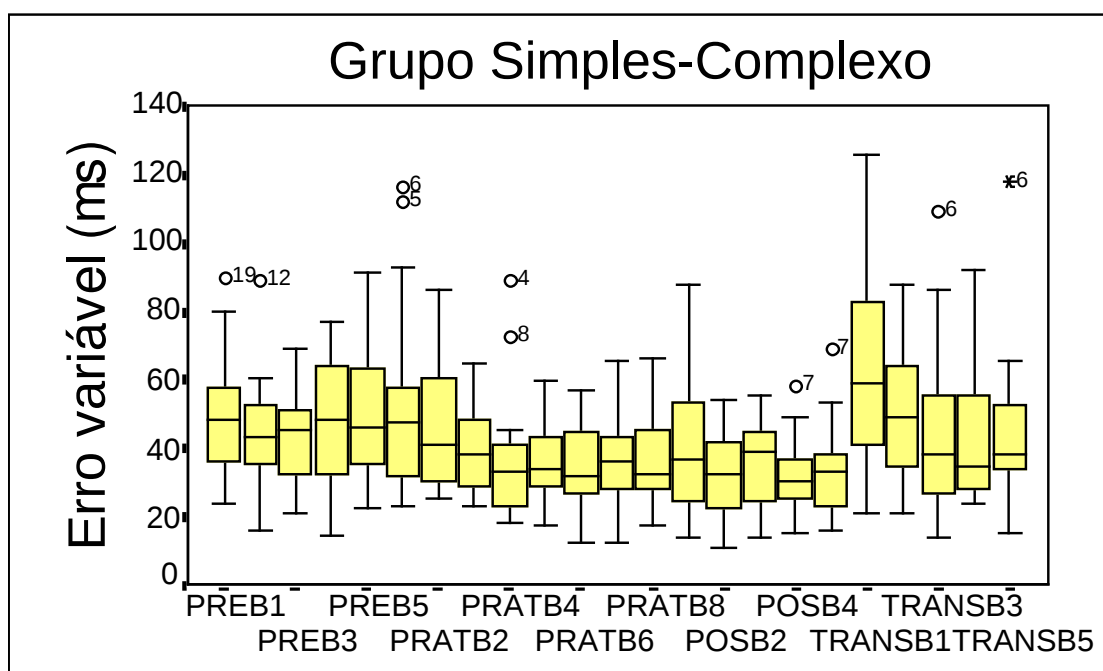
Gráfico 4.3: Gráfico de médias por bloco para o erro variável.



Pela Figura 4.5 notamos que para o Grupo Simples-Complexo, nos blocos do pré-teste tanto a variabilidade como a mediana do *erro variável* tendem a ficar

estáveis. Nos blocos da fase de prática observamos grande variabilidade nas respostas iniciais e melhora na consistência durante o teste. O início da fase do pós-teste é marcado pela maior variabilidade na consistência em comparação com os blocos finais dessa etapa. No pós-teste nota-se que a mediana manteve-se em níveis inferiores aos verificados no pré-teste, sugerindo assim que houve aprendizagem durante a fase de prática. No primeiro bloco da transferência notamos que há um aumento da mediana e da variabilidade em comparação às outras fases, que vão diminuindo no decorrer da fase.

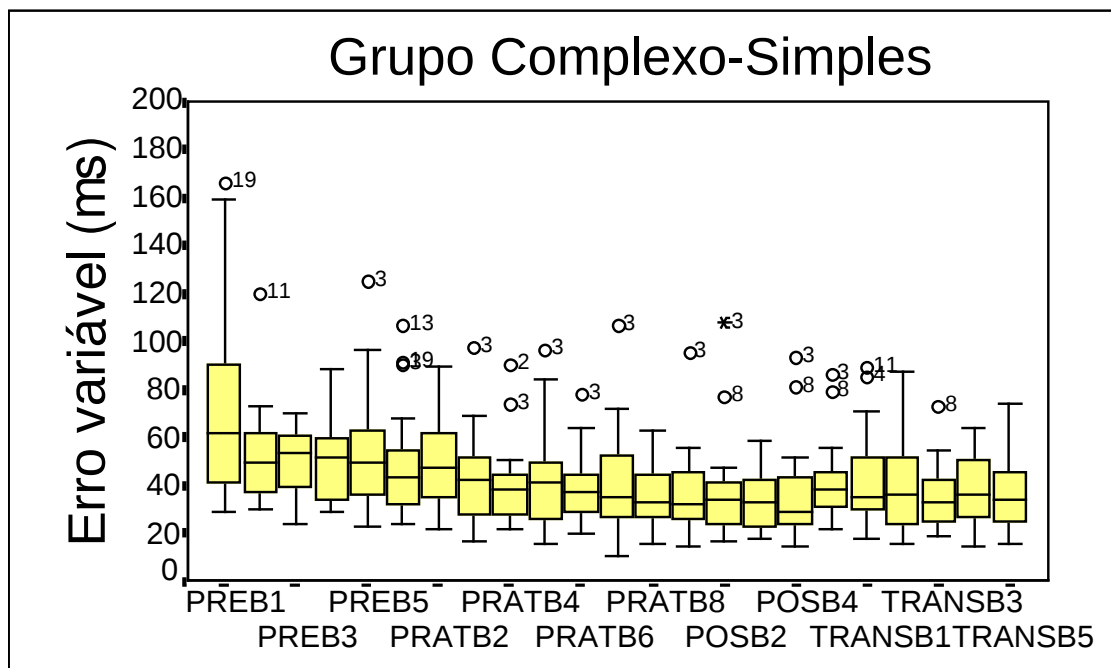
Figura 4.5: “Box-Plot” do grupo Simples-Complexo para erro variável



Observando-se a Figura 4.6 notamos que para o grupo Complexo-Simples, o primeiro bloco do pré-teste foi marcado pela maior variabilidade em comparação com os outros blocos dessa mesma fase. Os blocos da fase de prática apresentaram baixos níveis de consistência iniciais e melhora progressiva com o

decorrer dos blocos de prática. Os blocos do pós-teste apresentaram-se quase como uma continuação da fase de prática. Aparentemente não houve alteração dos níveis de consistência do pré e do pós-teste, com exceção do primeiro bloco do pré-teste. O comportamento dos voluntários durante o teste de transferência também apresentou suave tendência à melhora da consistência com o decorrer do teste. Também nota-se que, embora a tarefa tenha sido trocada, os voluntários não alteraram o padrão de desempenho (consistência da resposta) da fase final do pós-teste para o início da transferência, fato que indica que houve transferência dos padrões temporais da tarefa complexa para a simples.

Figura 4.6: “Box-Plot” do grupo Complexo-Simples para erro variável



Comparando-se os dois grupos, Simples-Complexo e Complexo-Simples, com relação à consistência, verificamos que o desempenho com menor variabilidade foi apresentado pelo grupo que treinou com a tarefa complexa e realizou o teste de transferência com a tarefa simples.

A comparação entre as fases de pré-teste do grupo Simples-Complexo e de transferência do grupo Complexo-Simples apresenta uma sutil melhora de desempenho do teste de transferência sobre o pré-teste, sugerindo que os voluntários beneficiaram-se da prática prévia na tarefa complexa para a melhora de desempenho na tarefa simples (Figura 4.7).

Figura 4.7: “Box-Plot” da comparação pré-teste do grupo Simples-Complexo com a transferência do grupo Complexo-Simples para erro variável

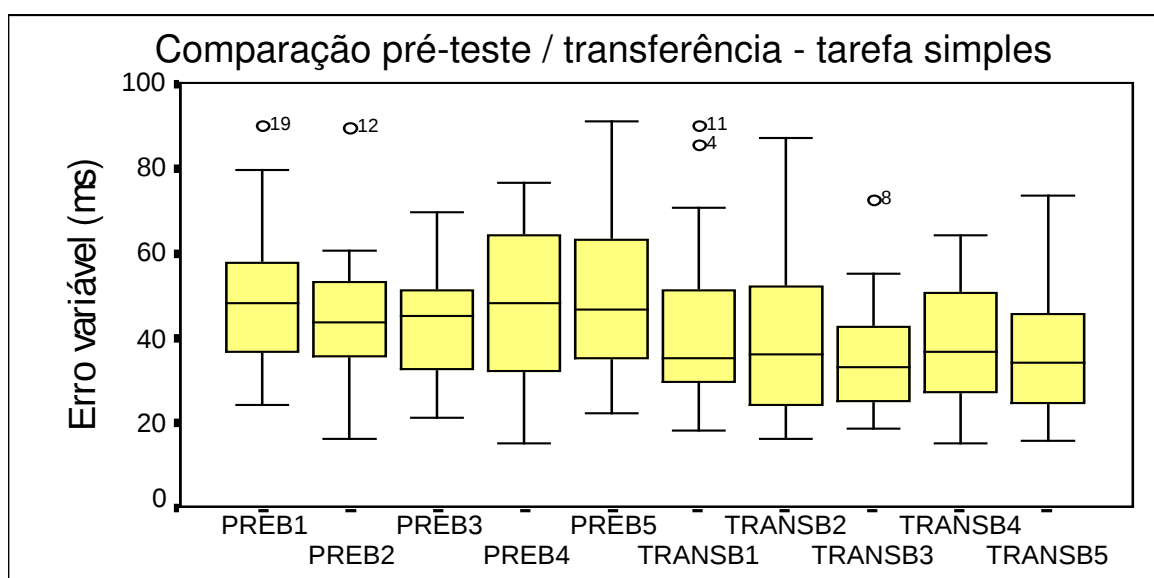
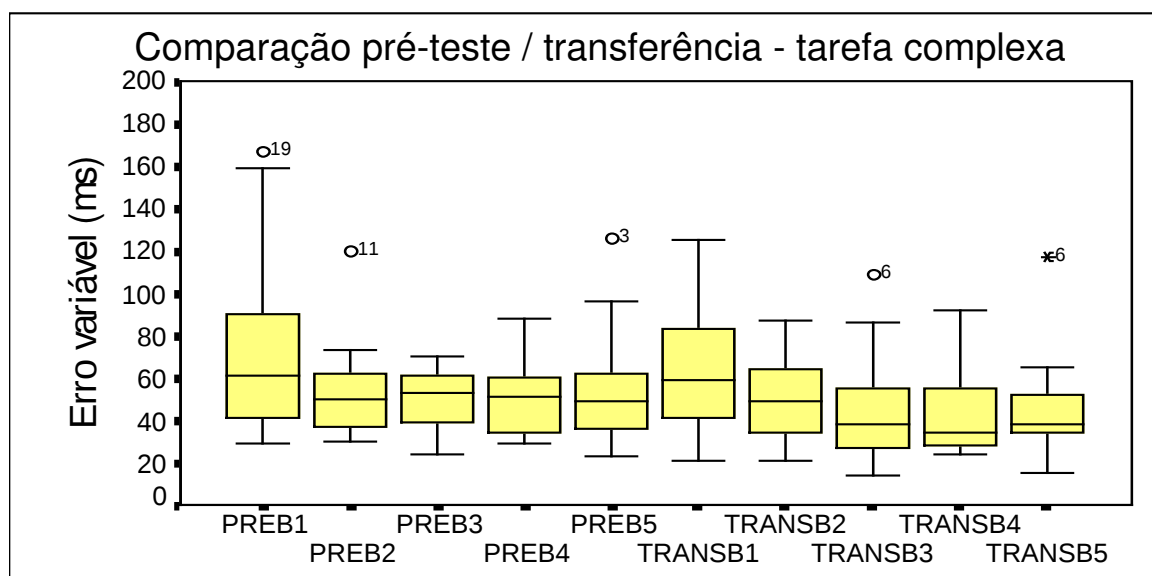


Figura 4.8: “Box-Plot” da comparação pré-teste do grupo Complexo-Simples com a transferência do grupo Simples-Complexo para erro variável



Os resultados apresentados no pré-teste do grupo Complexo-Simples e no teste de transferência do grupo Simples-Complexo apontam um melhor desempenho do grupo Complexo-Simples em termos da variabilidade da resposta, comportamento que pode sugerir que a prática prévia com a tarefa simples dificultou o desempenho com a tarefa complexa no primeiro bloco do teste de transferência (Figura 4.8).

4.5. Valores Discrepantes

Observando os “box-plots” das seções anteriores, notamos a presença de valores discrepantes. Destes, reparamos que uma observação (referente ao voluntário 8) se sobressai das demais, para a variável *erro absoluto* no grupo Simples-Complexo. Segundo a pesquisadora, tal indivíduo não aparentou o grau de envolvimento desejado no experimento. Entretanto, para a variável *erro variável* tal indivíduo não apresentou comportamento discrepante. Tal fato evidencia que o voluntário 8 não teve melhora na sua precisão mas permaneceu consistente em todo o experimento. Outros indivíduos que apresentaram vários valores discrepantes foram o sujeito 6 (grupo Simples-Complexo) e o sujeito 3 (grupo Complexo-Simples). De acordo com a pesquisadora tais indivíduos

demonstraram maior dificuldade para a execução das tarefas propostas não apresentando nenhum outro fator estranho ao experimento. Notamos que tais indivíduos apareceram como valores discrepantes em ambas variáveis (*erro absoluto* e *erro variável*). Já para as outras observações que apareceram como prováveis valores discrepantes nenhum comportamento incomum foi notado pela pesquisadora, que no entanto ressaltou que o laboratório onde foram tomadas tais medidas não é totalmente vedado contra barulhos e luminosidade, podendo assim influenciar eventualmente a resposta dos indivíduos ao estímulo.

De acordo com tais justificativas, chegamos à conclusão que para a análise inferencial, iremos fazer uma análise de sensibilidade para cada uma das variáveis de interesse, isto é uma análise com o indivíduo 8 (grupo Simples-Complexo) e outra sem tal indivíduo. Conforme será discutido posteriormente, a influência de outros indivíduos também será estudada.

5. Análise Inferencial

Com o objetivo de estudar o comportamento dos voluntários nas diversas etapas do experimento, construímos diagramas paralelos de dispersão (Weiss et al. (1992)) com os 20 voluntários de cada grupo para cada uma das etapas do experimento. No Apêndice C encontram-se dois desses diagramas, que sugerem um comportamento comum dos voluntários em cada uma etapas, levando-nos a modelar o perfil médio dos voluntários em segmentos de reta. Desta forma para cada um dos dois grupos teremos um segmento de reta para o pré-teste, outro segmento de reta para a prática e outros dois segmentos de reta para as duas outras fases do experimento.

Conforme discutido acima, decidiu-se utilizar a técnica estatística de regressão segmentada (ver Draper et al. (1981)). Como parte de uma análise de caráter exploratório, vários modelos foram ajustados. Inicialmente consideramos um modelo de efeitos fixos (sem levar em consideração a dependência dos dados). Tal modelo não apresentou ajuste satisfatório, e assim vários modelos

mistos (ver Diggle et al. (1994)) foram estudados. Esses modelos mistos incluíram além dos efeitos fixos um ou mais fatores aleatórios. A utilização dos efeitos aleatórios possibilitou considerarmos a variabilidade intrínseca de cada indivíduo, o que se reflete na estrutura da matriz de covariância associada ao modelo. Em outras palavras, este modelo leva em consideração a relação de dependência entre observações para um mesmo indivíduo.

A seguir apresentaremos os modelos que forneceram o melhor ajuste, verificado através de análises de resíduos (ver Neter et al. (1996)) para o *erro absoluto* e *erro variável*.

No total, foram consideradas 920 observações (23 blocos para cada um dos 40 indivíduos).

5.1. Erro Absoluto

Conforme mencionado anteriormente, para a análise dessa variável consideramos um modelo contendo efeitos fixos e efeitos aleatórios que pode ser escrito na forma $\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{v} + \boldsymbol{\varepsilon}$, onde:

$\mathbf{Y}$ é um vetor de dimensão (920×1) , contendo as observações do *erro absoluto*.

$\mathbf{X}$ é uma matriz de dimensão (920×16) com a especificação dos efeitos fixos $(\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_{16})$.

$\boldsymbol{\beta}' = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{16}]$ é o vetor de parâmetros, onde os primeiros oito elementos correspondem ao grupo Simples-Complexo e são interpretados como:

β_1 é o valor de $\mathbf{Y}$ no primeiro bloco do pré-teste;

β_2 é a inclinação do segmento de reta do pré-teste;

β_3 é o “salto” no valor de Y quando passou-se do último bloco do pré-teste para o primeiro bloco da prática;

β_4 é a inclinação do segmento de reta da prática;

β_5 é o “salto” no valor de Y quando passou-se do último bloco da prática para o primeiro bloco do pós-teste;

β_6 é a inclinação do segmento de reta do pós-teste;

β_7 é o “salto” no valor de Y quando passou-se do último bloco do pós-teste para o primeiro bloco da transferência;

β_8 é a inclinação do segmento de reta da transferência.

As mesmas interpretações valem para os parâmetros β_9 a β_{16} , que se referem ao grupo Complexo-Simples.

Z é uma matriz de dimensão (920×80) contendo a especificação dos efeitos aleatórios $(z_1, z_2, \dots, z_{79}, z_{80})$.

v é um vetor de dimensão (80×1) de efeitos aleatórios com média 0 e matriz de variâncias G . A especificação deste vetor será discutida a seguir.

ε é um vetor de erros aleatórios com distribuição Normal de média 0 e matriz de variâncias R , diagonal.

Através da matriz de especificação Z pode-se modelar a estrutura de covariância de Y . Após analisarmos o planejamento do experimento, o modelo considerado baseou-se, para cada indivíduo, em dois fatores aleatórios sendo que o primeiro representa as fases de pré-teste e transferência e o segundo as fases de prática e pós-teste. A justificativa para isso é que, espera-se maior variabilidade na primeira vez que o sujeito executou a tarefa (fases de pré-teste e transferência) e que esta variabilidade diminua nas outras duas fases (prática e pós-teste).

Ajustou-se inicialmente o modelo completo, isto é, o modelo com todos os parâmetros e verificou-se que β_2 , β_5 , β_6 , β_{13} , β_{14} , β_{15} e β_{16} não foram significativamente diferentes de zero com os respectivos níveis descritivos 0.1916, 0.0975, 0.5958, 0.3606, 0.5427, 0.1657 e 0.7328. Apesar do parâmetro β_{15} não ter sido significativamente diferente de zero, optou-se por mantê-lo no modelo a fim de indicar o “salto” do valor do *erro absoluto* que seria esperado ao se passar do último bloco do pós-teste para o primeiro bloco da transferência. Na Tabela 5.1 encontram-se os segmentos de reta ajustados para cada um dos dois grupos.

Tabela 5.1: Segmentos de reta ajustados - efeitos fixos

	Simple-Complexo	Complexo-Simple
Pré-teste	$\hat{Y} = \hat{\beta}_1$	$\hat{Y} = \hat{\beta}_9 + \hat{\beta}_{10}X$
Prática	$\hat{Y} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_3 + \hat{\beta}_4X$	$\hat{Y} = \hat{\beta}_9 + 5 \hat{\beta}_{10} + \hat{\beta}_{11} + \hat{\beta}_{12}X$
Pós-teste	$\hat{Y} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_3 + 8 \hat{\beta}_4$	$\hat{Y} = \hat{\beta}_9 + 5 \hat{\beta}_{10} + \hat{\beta}_{11} + 8 \hat{\beta}_{12}$
Transferência	$\hat{Y} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_3 + 8 \hat{\beta}_4 + \hat{\beta}_7 + \hat{\beta}_8X$	$\hat{Y} = \hat{\beta}_9 + 5 \hat{\beta}_{10} + \hat{\beta}_{11} + 8 \hat{\beta}_{12} + \hat{\beta}_{15}$

A Tabela 5.2 apresenta as estimativas dos efeitos fixos com os seus respectivos erros padrão, níveis descritivos e suas interpretações.

Tabela 5.2: Estimativas dos efeitos fixos, erros padrão (E.P.), níveis descritivos (p) e interpretações dos coeficientes dos segmentos de reta ajustados

	Estimativa	E.P.	p	Interpretação
β_1	63.06	6.28	0.0000	<i>Erro absoluto</i> no 1º bloco do pré-teste do grupo Simple-Complexo
β_3	-18.19	7.22	0.0120	Decréscimo no <i>erro absoluto</i> do 5º bloco do pré-teste para o 1º bloco de prática do grupo

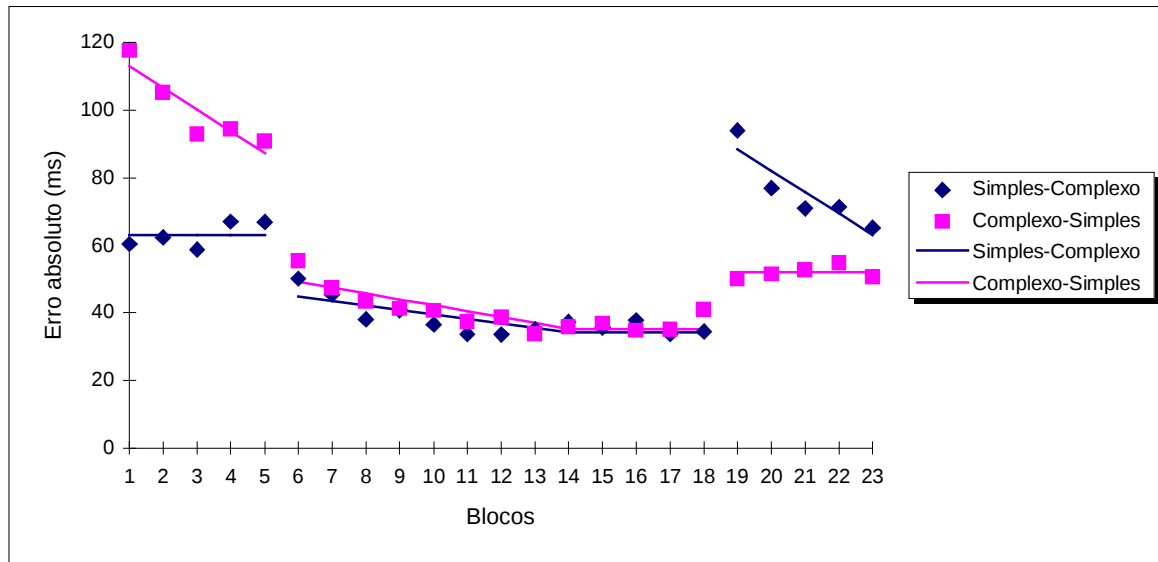
Simples-Complexo				
β_4	-1.34	0.42	0.0014	Taxa de aprendizagem ¹ dos voluntários na fase de prática do grupo Simples-Complexo
β_7	54.17	7.48	0.0000	Acréscimo no <i>erro absoluto</i> do 5º bloco do pós-teste para o 1º bloco da transferência do grupo Simples-Complexo
β_8	-6.32	1.35	0.0000	Taxa de aprendizagem dos voluntários na fase de transferência
β_9	113.07	6.83	0.0000	<i>Erro absoluto</i> no 1º bloco do pré-teste no grupo Complexo-Simples
β_{10}	-6.45	1.35	0.0000	Taxa de aprendizagem dos voluntários na fase de pré-teste
β_{11}	-31.51	8.28	0.0002	Decréscimo no <i>erro absoluto</i> do 5º bloco do pré-teste para o 1º bloco da prática do grupo Complexo-Simples
β_{12}	-1.76	0.42	0.0000	Taxa de aprendizagem dos voluntários na fase de prática
β_{15}	16.71	6.98	0.0169	Acréscimo no <i>erro absoluto</i> quando passou-se do 5º bloco do pós-teste para o 1º bloco da transferência do grupo Complexo-Simples

Pode-se notar pela Tabela 5.2 que o parâmetro β_{15} , tornou-se significativamente diferente de zero no modelo reduzido, dando substância ao modelo considerado.

Estes resultados podem ser visualizados no Gráfico 5.1 que foi construído apenas com os segmentos da reta média dos vinte voluntários para cada um dos dois grupos, estimadas através dos efeitos fixos.

¹ Taxa de aprendizagem refere-se ao quanto muda o *erro absoluto* ao se passar de um bloco de tentativas para o seguinte. Valores negativos correspondem a um acréscimo na aprendizagem.

Gráfico 5.1: Gráfico de médias e segmentos das retas médias ajustadas



Uma vez terminada a fase de modelagem, passamos a estudar os objetivos do trabalho, ou seja, verificar:

- o comportamento dos sujeitos quando trocou-se a tarefa proposta, isto é, comparar no mesmo grupo (Simples-Complexo ou Complexo-Simples), o *erro absoluto* no pós-teste com o *erro absoluto* na transferência, para verificar o quanto o grau de complexidade da tarefa influenciou o desempenho dos voluntários;
- o efeito da prática - comparar, no mesmo grupo o *erro absoluto* no pré-teste com o *erro absoluto* no pós-teste. Ocorrendo um decréscimo no *erro absoluto* do pós-teste, quando comparado ao pré-teste, há evidências de que ocorreu o efeito da prática.
- o efeito da transferência - comparar o *erro absoluto* do pré-teste de um grupo com o *erro absoluto* da transferência do outro grupo. Ocorrendo um decréscimo

no *erro absoluto* na fase de transferência, há evidências de transferência de aprendizagem.

As comparações acima foram feitas através de contrastes nos parâmetros do modelo final. Pudemos verificar que em ambos os grupos ocorreu um acréscimo significativo no *erro absoluto* ao se passar do pós-teste para a transferência, sendo que no grupo Simples-Complexo esse acréscimo (e correspondente erro padrão) foi de 54.17 ± 7.48 , com um nível descritivo ($p = 0.0000$) e no grupo Complexo-Simples foi de 16.71 ± 6.98 ($p = 0.0169$). Portanto, ao se modificar o grau de complexidade da tarefa o desempenho dos indivíduos foi alterado.

O efeito da prática ocorreu nos dois grupos, isto é, houve um decréscimo significativo ao se passar do pré-teste para o pós-teste, sendo que no grupo Simples-Complexo esse decréscimo foi de -28.92 ± 6.98 ($p = 0.0000$) e no grupo Complexo-Simples foi de -45.58 ± 8.07 ($p = 0.0000$).

O efeito da transferência ocorreu no grupo Complexo-Simples, onde pode ser observado decréscimo significativo no *erro absoluto* para esse grupo quando comparado ao pré-teste do grupo Simples-Complexo. Tal decréscimo foi de -24.76 ± 9.66 ($p = 0.0105$). No grupo Simples-Complexo pode ser observado decréscimo de -11.13 ± 8.88 no *erro absoluto* para a fase de transferência quando comparado ao pré-teste do grupo Complexo-Simples, só que o modelo utilizado não foi capaz de evidenciar estatisticamente tal fato, pois o nível descritivo da comparação foi de 0.2104 . No grupo Simples-Complexo a taxa de aprendizagem dos indivíduos ao realizarem a tarefa complexa pela primeira vez foi estimada em -6.32 ± 1.35 , enquanto que no grupo Complexo-Simples foi estimada em -6.45 ± 1.35 . Ao compararmos essas duas taxas concluímos que estatisticamente elas são iguais ($p = 0.9439$). Para os dois grupos, quando a tarefa simples foi realizada pela primeira vez, a taxa de aprendizagem foi nula, de

tal forma que ambos os grupos mantiveram o mesmo comportamento de resposta nos cinco blocos.

Também verificou-se que o desempenho dos dois grupos na fase de prática foi o mesmo: os interceptos e as taxas de aprendizagem dos dois grupos foram iguais com níveis descritivos *0.3811* e *0.4785*, respectivamente. No pós-teste, também verificou-se que os interceptos dos dois grupos foram iguais ($p = 0.8024$). Portanto, pode-se concluir que os dois grupos possuem segmentos de retas coincidentes tanto na prática como no pós-teste.

Foi feita uma análise de resíduos para verificar se as suposições de homocedasticidade e normalidade são válidas no modelo adotado. No Apêndice D encontram-se os gráficos dos valores ajustados pelos resíduos padronizados e o gráfico de probabilidade normal. O Gráfico D.1 sugere que existem algumas observações discrepantes, visto que temos resíduos que se situaram além de três ou mais desvios padrão do zero. Este mesmo gráfico também sugere que a variância dos resíduos não é constante. O Gráfico D.4 mostra que valores situados nas caudas fogem da suposição de normalidade.

Foi feito um novo ajuste com o mesmo modelo descrito anteriormente, onde o indivíduo 8 (grupo Simples-Complexo) foi excluído, por tratar-se de um valor discrepante. As conclusões obtidas com esse novo ajuste foram iguais às descritas anteriormente.

Pelo Gráfico D.1 observou-se que além do sujeito 8 (grupo Simples-Complexo) existem outros valores discrepantes, de tal forma que um novo ajuste também foi feito (com o mesmo modelo descrito anteriormente) excluindo, além do sujeito 8, o sujeito 1 (grupo Simples-Complexo) e os sujeitos 4, 8, 10, 13 e 19 (grupo Complexo-Simples). As conclusões obtidas também foram semelhantes às aquelas descritas anteriormente, com a diferença de que a nova análise de resíduos mostrou-se melhor do que a análise do modelo com todas as observações, mas ainda assim apresentou indicações de fuga da normalidade.

A fim de explorar possíveis alternativas, considerou-se também uma transformação dos dados com o objetivo de estabilizar a variância. Para isto, utilizou-se a transformação logarítmica de tal forma que a nova variável resposta foi $\ln(\text{erro absoluto})$. As conclusões obtidas com a variável resposta transformada foram as mesmas que as anteriormente descritas, sendo que a análise de resíduos mostrou que a transformação conseguiu estabilizar a variância (Gráfico D.2) e a normalidade parece estar satisfeita (Gráfico D.5).

Portanto, conclui-se que o modelo que possuiu um melhor ajuste foi aquele com a variável resposta transformada. Mesmo assim, tal modelo não foi escolhido pois as conclusões obtidas foram semelhantes àsquelas resultantes do modelo com a variável resposta original; portanto optou-se pelo modelo que possui a interpretação mais simples, isto é, o modelo com os dados não transformados.

5.2. Erro Variável

Inicialmente, pensou-se em ajustar para o *erro variável* o mesmo modelo usado para o *erro absoluto* mas, observando-se o gráfico de dispersão das médias dos 20 voluntários em cada um dos dois grupos (Gráfico C.11), notou-se que essa variável possuía, em algumas fases do experimento, um comportamento quadrático e em outras um comportamento linear, fato este já esperado pela pesquisadora. Portanto, decidiu-se incluir um termo quadrático no modelo e então utilizar a técnica de polinômios ortogonais a fim de separar os efeitos constante, linear e quadrático, para compará-los entre as fases.

O modelo utilizado pode ser escrito da forma $\mathbf{Y} = \psi(\mathbf{X})\beta + \mathbf{Zv} + \varepsilon$, onde:

$\mathbf{Y}$ é um vetor de dimensão (920×1) , contendo as observações do *erro variável*.

$\psi(\mathbf{X})$ é a matriz ortonormalizada, de dimensão (920×24) , obtida através do método de Christoffel-Darboux (Emerson (1968)) com a especificação dos elementos, dados por $(\psi_1(\mathbf{X}), \psi_2(\mathbf{X}), \dots, \psi_{24}(\mathbf{X}))$. Aqui a matriz $\mathbf{X}$ é semelhante àquela considerada na seção anterior, adicionando-se os termos quadráticos para cada fase.

$\beta' = [\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{22}, \beta_{23}, \beta_{24}]$ é o vetor de parâmetros, onde os primeiros doze elementos correspondem ao grupo Simples-Complexo e são interpretados como:

β_1 : coeficiente da parte constante da curva do pré-teste;

β_2 : coeficiente da parte linear da curva do pré-teste;

β_3 : coeficiente da parte quadrática da curva do pré-teste;

β_4 : coeficiente da parte constante da curva da prática;

β_5 : coeficiente da parte linear da curva da prática;

β_6 : coeficiente da parte quadrática da curva da prática;

β_7 : coeficiente da parte constante da curva do pós-teste;

β_8 : coeficiente da parte linear da curva do pós-teste;

β_9 : coeficiente da parte quadrática da curva do pós-teste;

β_{10} : coeficiente da parte constante da curva da transferência;

β_{11} : coeficiente da parte linear da curva da transferência;

β_{12} : coeficiente da parte quadrática da curva da transferência;

As mesmas interpretações valem para os parâmetros β_{13} a β_{24} , que se referem ao grupo Complexo-Simples.

As interpretações para $\mathbf{Z}$, $\mathbf{v}$ e ε são semelhantes àsquelas dadas no modelo considerado para o *erro absoluto*.

Ajustando-se o modelo completo, isto é, o modelo com todos os parâmetros verificou-se que β_2 , β_3 , β_8 , β_9 , β_{18} , β_{20} , β_{21} , β_{23} e β_{24} não foram

significativamente diferentes de zero com os respectivos níveis descritivos 0.5580, 0.1198, 0.0901, 0.3379, 0.4506, 0.5412, 0.2414, 0.2665 e 0.5760. Apesar dos parâmetros β_2 , β_3 e β_{18} não terem sido significativamente diferentes de zero, optou-se por mantê-los no modelo, pois tais parâmetros referem-se às fases de pré-teste (grupo Simples-Complexo) e prática (grupo Complexo-Simples) e pelo Gráfico C.11 parece existir nessas fases um comportamento quadrático (blocos 1 a 5 e 6 a 13, respectivamente).

Na Tabela 5.3 encontram-se as equações das curvas ajustadas para cada um dos dois grupos.

Tabela 5.3: Curvas ajustadas - efeitos fixos

	Simples-Complexo	Complexo-Simples
Pré-teste	$\hat{Y} = \hat{\beta}_1 \psi_1(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_2 \psi_2(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_3 \psi_3(\mathbf{X})$	$\hat{Y} = \hat{\beta}_{13} \psi_{13}(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_{14} \psi_{14}(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_{15} \psi_{15}(\mathbf{X})$
Prática	$\hat{Y} = \hat{\beta}_4 \psi_4(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_5 \psi_5(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_6 \psi_6(\mathbf{X})$	$\hat{Y} = \hat{\beta}_{16} \psi_{16}(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_{17} \psi_{17}(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_{18} \psi_{18}(\mathbf{X})$
Pós-teste	$\hat{Y} = \hat{\beta}_7 \psi_7(\mathbf{X})$	$\hat{Y} = \hat{\beta}_{19} \psi_{19}(\mathbf{X})$
Transferência	$\hat{Y} = \hat{\beta}_{10} \psi_{10}(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_{11} \psi_{11}(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_{12} \psi_{12}(\mathbf{X})$	$\hat{Y} = \hat{\beta}_{22} \psi_{22}(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_{23} \psi_{23}(\mathbf{X}) + \hat{\beta}_{24} \psi_{24}(\mathbf{X})$

A Tabela 5.4 apresenta os coeficientes dos efeitos fixos com os seus respectivos erros padrão e níveis descritivos. As interpretações de cada parâmetro são as mesmas apresentadas no início desta subseção.

Tabela 5.4: Estimativas dos coeficientes dos efeitos fixos das curvas ajustadas, erros padrão (E.P.) e níveis descritivos² (p)

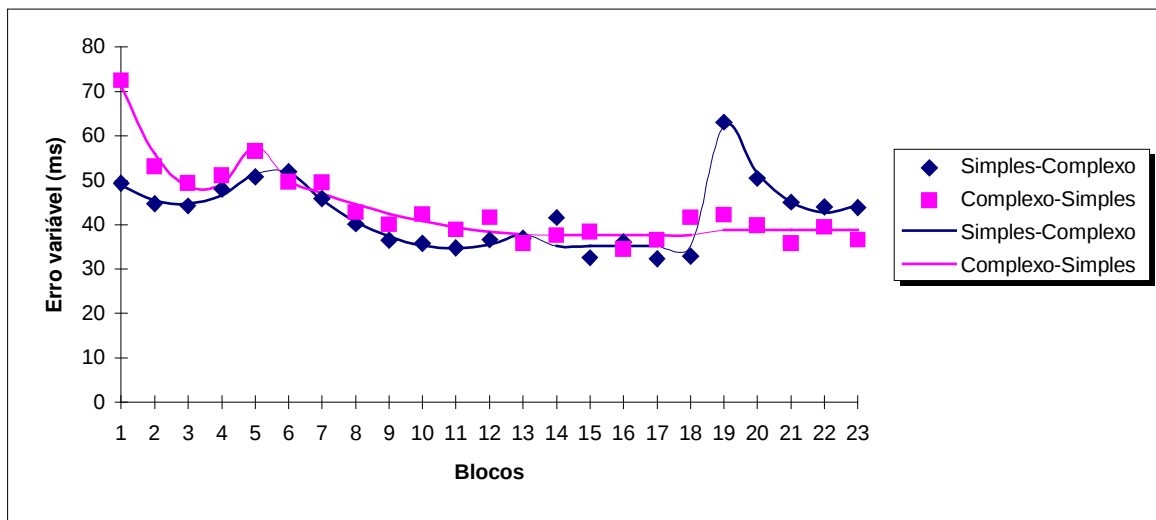
Simples-Complexo				Complexo-Simples			
	Estimativa	E.P.	p		Estimativa	E.P.	p
β_1	105.98	6.96	0.0000	β_{13}	126.34	6.96	0.0000
β_2	1.92	3.28	0.5853	β_{14}	-10.75	3.28	0.0011
β_3	5.10	3.28	0.1201	β_{15}	14.81	3.28	0.0000
β_4	112.68	8.01	0.0000	β_{16}	120.38	8.01	0.0000
β_5	-12.92	3.28	0.0001	β_{17}	-11.21	3.28	0.0007
β_6	9.18	3.28	0.0052	β_{18}	2.47	3.28	0.4509
β_7	78.52	6.64	0.0000	β_{19}	84.30	6.64	0.0000
β_{10}	110.20	6.96	0.0000	β_{22}	86.63	6.96	0.0000
β_{11}	-14.14	3.28	0.0000				
β_{12}	7.82	3.28	0.0173				

Pelo Gráfico 5.2 notou-se que ambos os grupos apresentaram nas fases de pré-teste e prática um comportamento quadrático enquanto que nos blocos de pós-teste observou-se um comportamento linear. Entretanto, a fase de transferência mostrou um comportamento distinto entre os grupos: quadrático

² Níveis descritivos associados ao teste do parâmetro ser ou não significativo no modelo ajustado.

para Simples-Complexo e linear para Complexo-Simples. O uso dos polinômios ortogonais permitiu fazer comparações entre fases que apresentaram um comportamento distinto entre si; isto é as comparações puderam ser realizadas para as componentes constante, linear e quadrática separadamente.

Gráfico 5.2: Gráfico de médias e curvas ajustadas - efeitos fixos



Para o grupo Simples-Complexo as fases de pós-teste e transferência possuem comportamentos distintos (linear e quadrático, respectivamente). Isso indicou que o comportamento dos voluntários nessas fases foi diferente. Verificamos que houve diferença significativa ($p = 0.0010$) entre a parte constante do pós-teste e a parte constante da transferência. Para o grupo Complexo-Simples, notamos que o comportamento dos voluntários nas fases de pós-teste e transferência foi o mesmo (linear), e além disso verificou-se que não houve diferença significativa ($p = 0.8087$) na parte constante das curvas dessas duas fases.

As fases de pré-teste e pós-teste de ambos os grupos apresentaram comportamentos distintos - quadrático no pré-teste e linear no pós-teste. Isso quer

dizer que o comportamento dos sujeitos mudou de uma fase para a outra do experimento. Comparando-se a componente constante dessas fases constatou-se que houve decréscimo significativo para ambos os grupos. Para o grupo Simples-Complexo esse decréscimo foi de -27.46 ± 9.62 ($p = 0.0044$) e para o grupo Complexo-Simples foi de -42.04 ± 9.62 ($p = 0.0000$).

Quando a tarefa simples foi realizada pela primeira vez notamos comportamentos distintos entre os grupos, isto é, enquanto o pré-teste do grupo Simples-Complexo apresentou um comportamento quadrático a transferência do grupo Complexo-Simples apresentou um comportamento linear. Verificou-se uma diferença significativa ($p = 0.0498$) entre a parte constante da curva do pré-teste e a parte constante da transferência. Ambos os grupos, quando realizaram a tarefa complexa pela primeira vez (pré-teste do grupo Complexo-Simples e transferência do grupo Simples-Complexo), apresentaram comportamento quadrático. Comparamos a componente constante, linear e quadrática dessas curvas e verificamos que não houve diferenças significativas com os respectivos níveis descritivos 01017, 04652 e 01320.

Ambos os grupos apresentaram comportamento quadrático na fase de prática. Verificamos que não houve diferenças significativas entre os grupos em nenhuma componente das curvas (parte constante 04969, parte linear 07121 e parte quadrática 01484).

No pós-teste os dois grupos apresentaram comportamento linear, e ao compararmos a componente constante dessas curvas verificamos que não houve diferença significativa ($p = 0.5389$) entre elas.

Foi feita uma análise de resíduos para verificar se as suposições de homocedasticidade e normalidade foram válidas no modelo adotado. No Apêndice D encontram-se os gráficos dos valores ajustados pelos resíduos padronizados e o gráfico de probabilidade normal. O Gráfico D.3 sugere que existem algumas

observações discrepantes, pois observou-se resíduos que se situaram além de três ou mais desvios padrão do zero. Este mesmo gráfico também sugere que a variância dos resíduos não é constante. O Gráfico D.6 mostra que valores situados nas caudas fogem da suposição de normalidade.

A análise feita permite comparar os grupos com a ressalva de que as suposições utilizadas são discutíveis. Nota-se ainda que as diferenças observadas descritivamente no comportamento entre as fases e/ou grupos são evidenciadas estatisticamente no modelo adotado.

6. Conclusões

O principal objetivo deste estudo foi estudar a transferência do aprendizado entre tarefas simples e complexas. Verificamos que o aprendizado da tarefa complexa contribuiu para o aprendizado da tarefa simples, ao passo que não obtivemos evidências de que o aprendizado da tarefa simples contribuiu para o da tarefa complexa. Isto ocorreu tanto na precisão como na consistência de respostas dos voluntários.

Também foi de interesse estudar se o aumento (ou diminuição) do grau de complexidade da tarefa alterou o desempenho dos voluntários. Neste caso, constatamos diferenças no desempenho de ambos os grupos, isto é, tanto a precisão como a consistência das respostas dos voluntários foi alterada ao passar da tarefa simples para a complexa e da tarefa complexa para a simples.

Pudemos também verificar que a prática da tarefa (tanto simples como complexa) contribuiu para o desempenho daquela tarefa, sendo que a taxa de aprendizagem foi a mesma para ambas as tarefas. Isto significa que, a prática da tarefa contribuiu para a melhora da precisão e da consistência das respostas dos indivíduos. Verificou-se que após a prática, ambas as tarefas foram realizadas com a mesma precisão e consistência de respostas nos dois grupos.

APÊNDICE A

Nome: _____

Idade: _____ M.D. _____ Sem. _____ Sexo: _____

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

[

APÊNDICE B

BOX - PLOTS

Figura B.1: “Box-Plot” do pré-teste (grupo Simples-Complexo) para erro absoluto

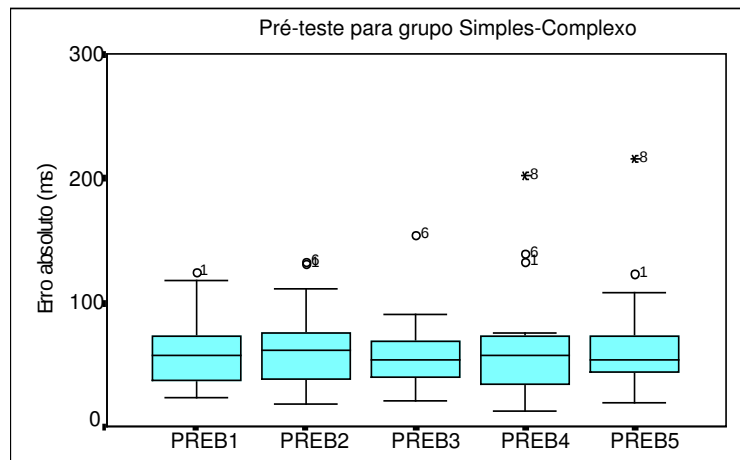


Figura B.2: “Box-Plot” da prática (grupo Simples-Complexo) para erro absoluto

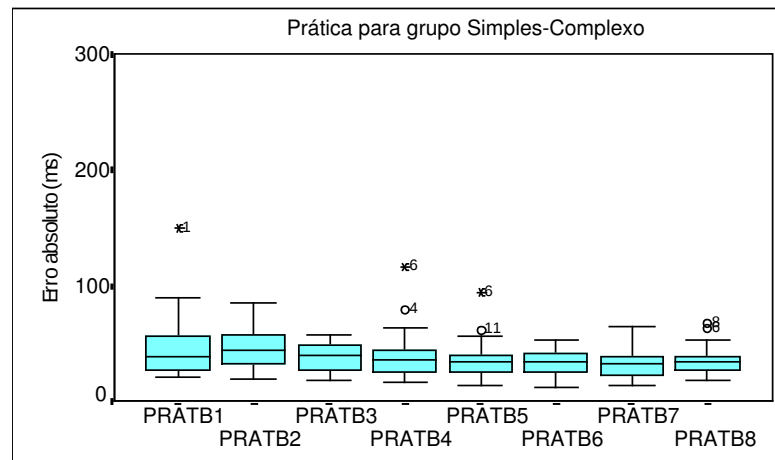


Figura B.3: “Box-Plot” do pós-teste (grupo Simples-Complexo) para erro absoluto

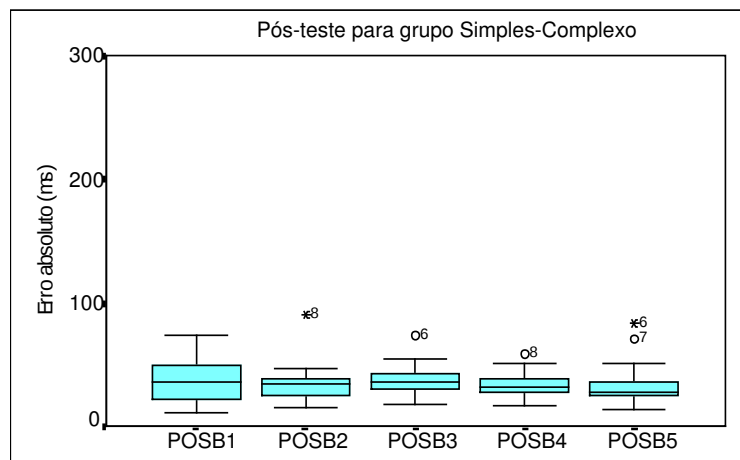


Figura B.4: “Box-Plot” da transferência (grupo Simples-Complexo) para erro absoluto

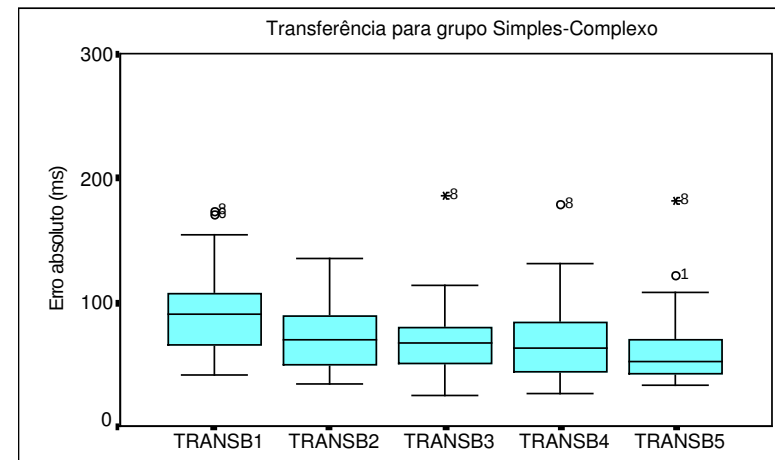


Figura B.5: “Box-Plot” do pré-teste (grupo Complexo-Simples) para erro absoluto

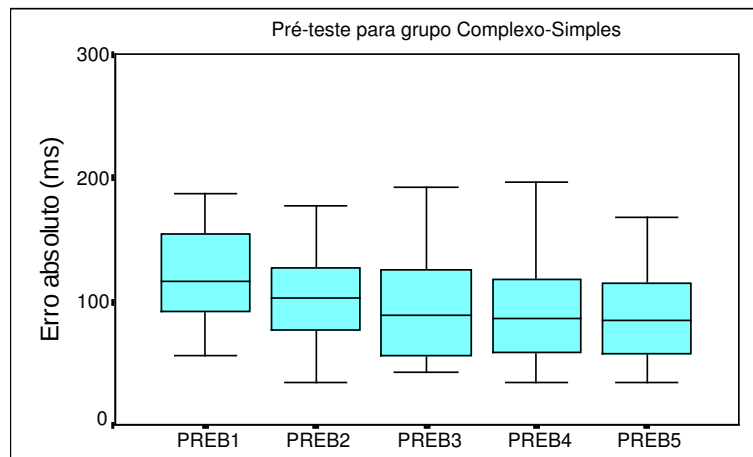


Figura B.6: “Box-Plot” da prática (grupo Complexo-Simples) para erro absoluto

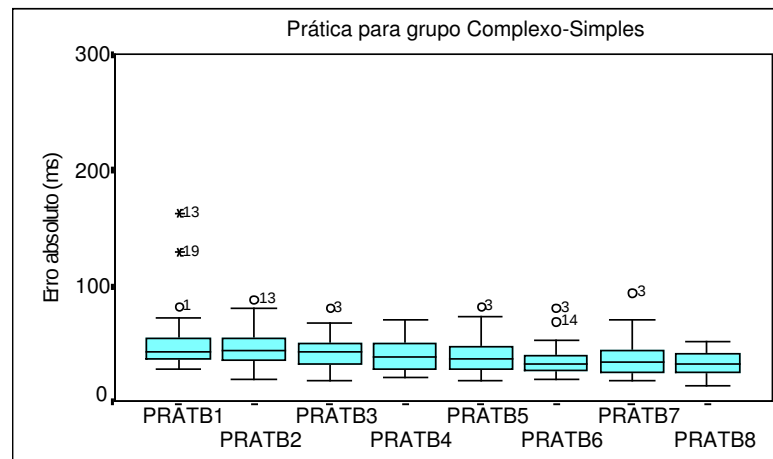


Figura B.7: “Box-Plot” do pós-teste (grupo Complexo-Simples) para erro absoluto

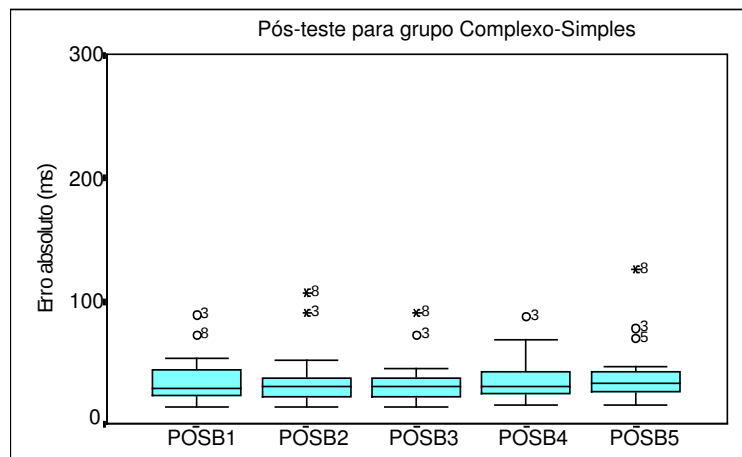


Figura B.8: “Box-Plot” da transferência (grupo Complexo-Simples) para erro absoluto

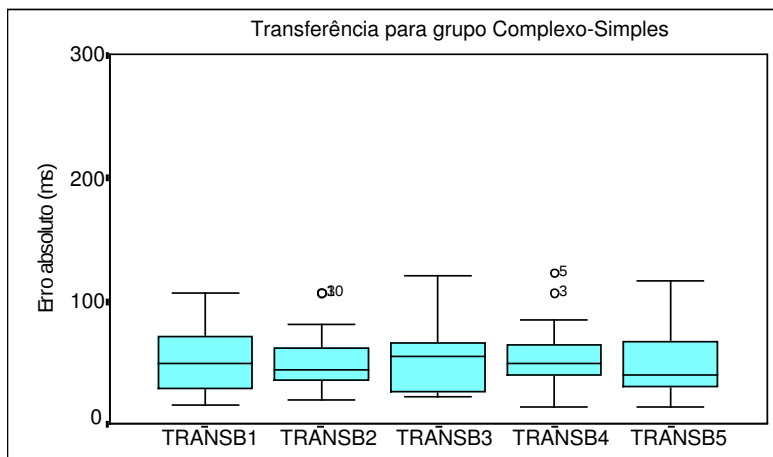


Figura B.9: “Box-Plot” do pré-teste (grupo Simples-Complexo) para erro variável

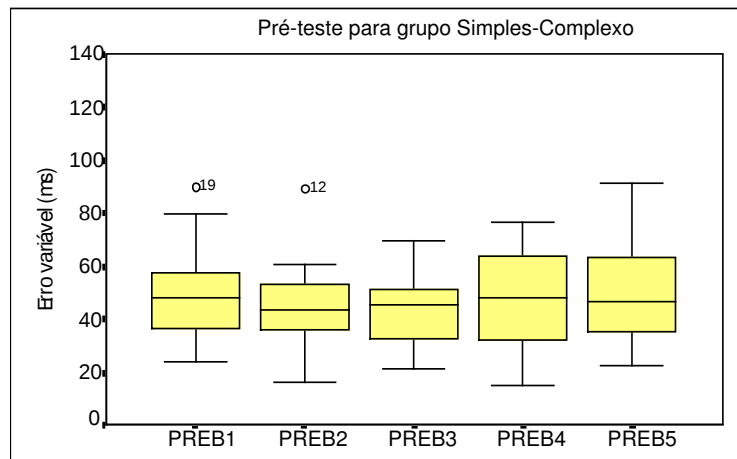


Figura B.10: “Box-Plot” da prática (grupo Simples-Complexo) para erro variável

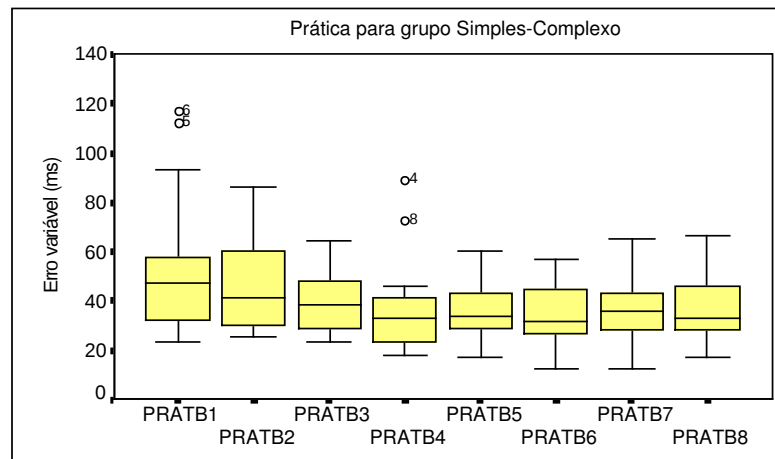


Figura B.11: “Box-Plot” do pós-teste (grupo Simples-Complexo) para erro variável

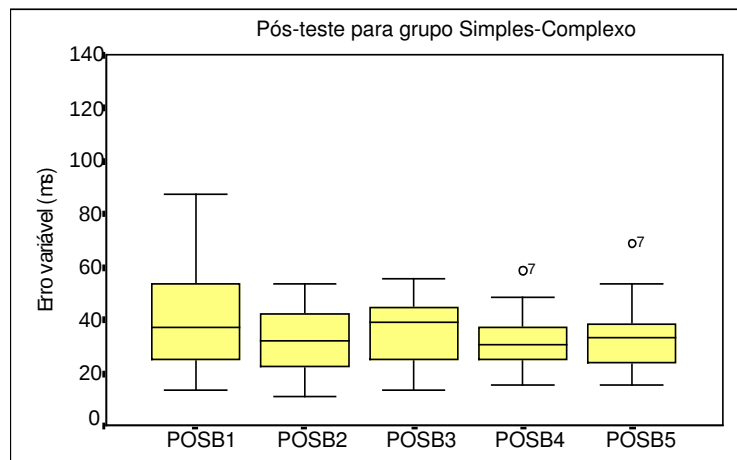


Figura B.12: “Box-Plot” da transferência (grupo Simples-Complexo) para erro variável

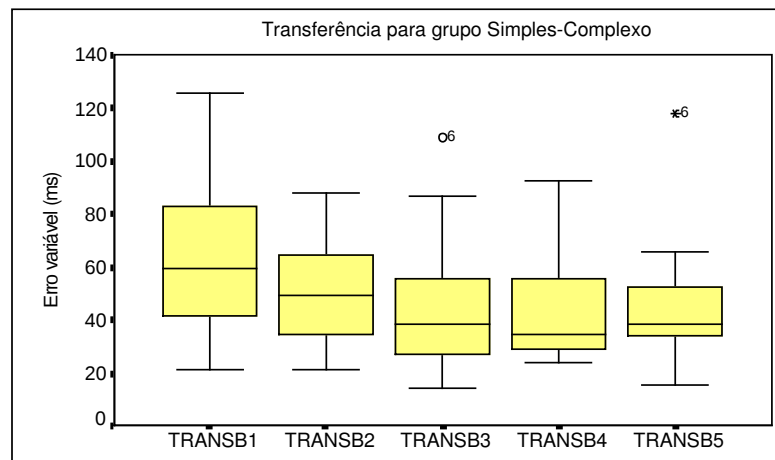


Figura B.13: “Box-Plot” do pré-teste (grupo Complexo-Simples) para erro variável

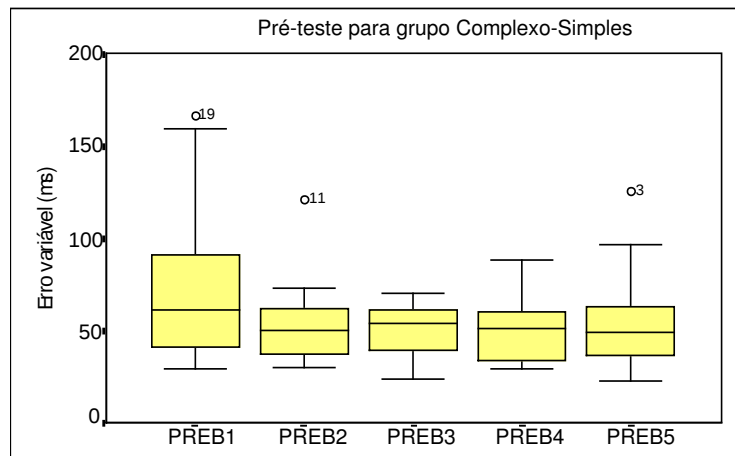


Figura B.14: “Box-Plot” da prática (grupo Complexo-Simples) para erro variável

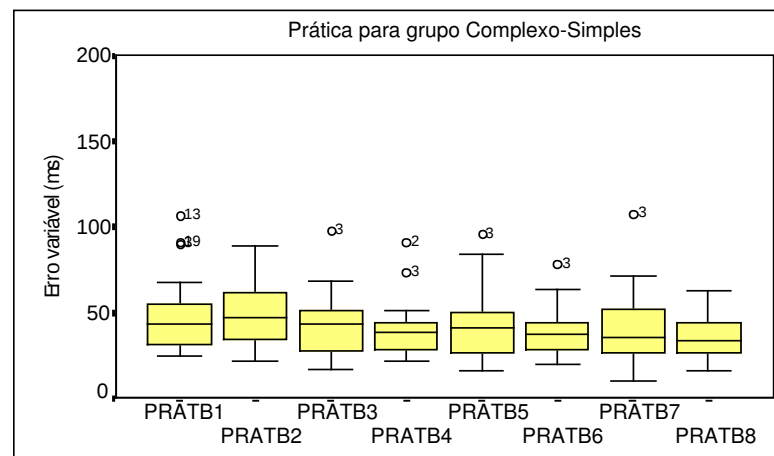


Figura C.15: “Box-Plot” do pós-teste (grupo Complexo-Simples) para erro variável

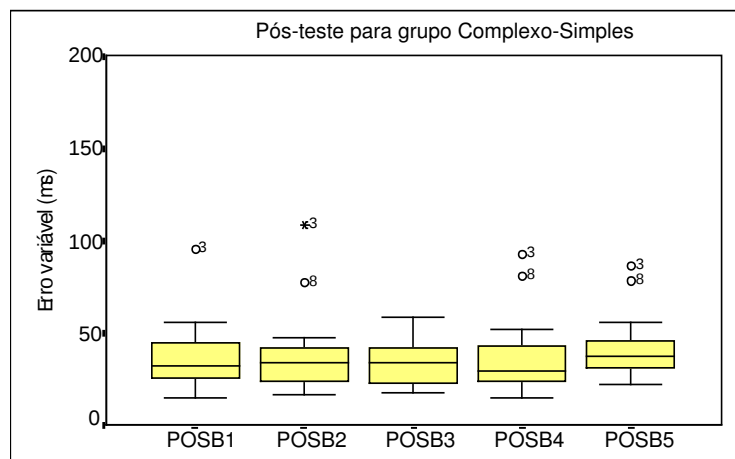
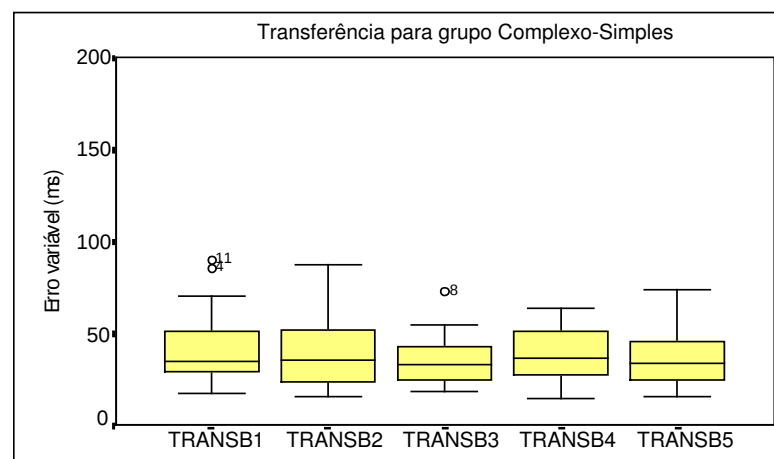


Figura C.16: “Box-Plot” da transferência (grupo Complexo-Simples) para erro variável



APÊNDICE C

GRÁFICOS

GRUPO SIMPLES - COMPLEXO
DADOS BRUTOS - Sujeito 1

Gráfico C.1

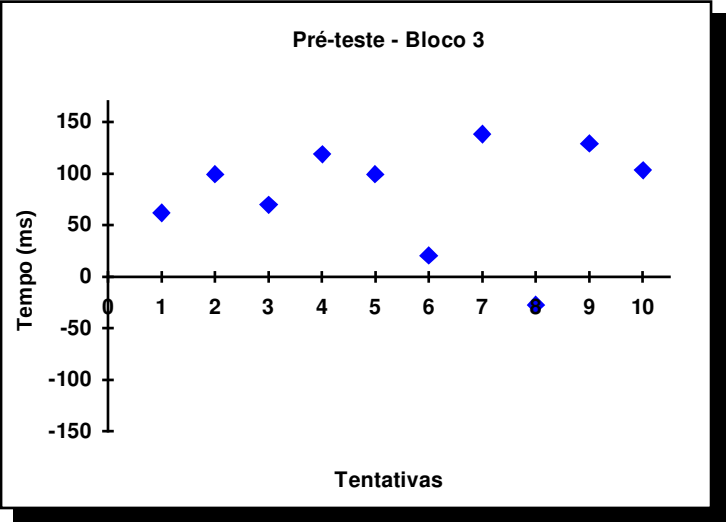


Gráfico C.2

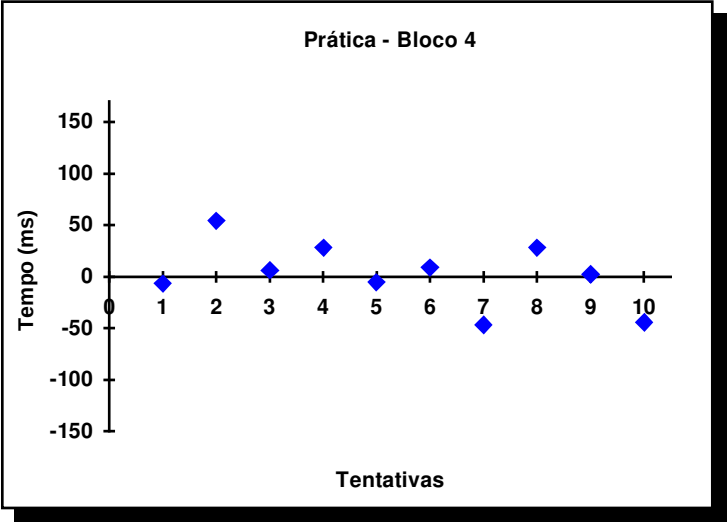
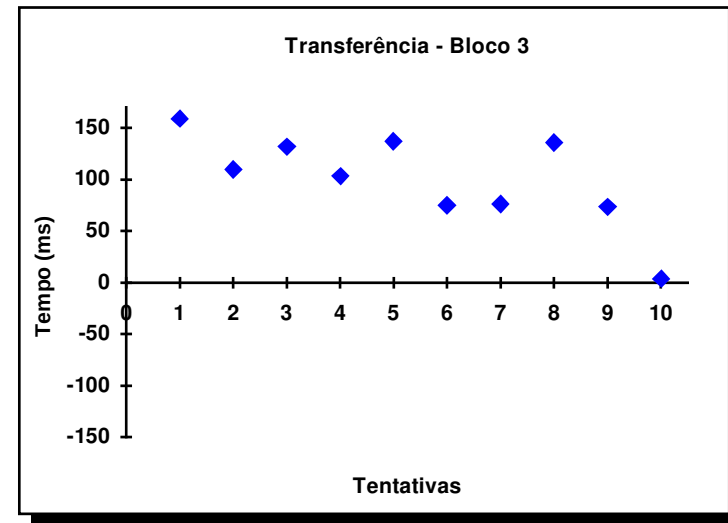
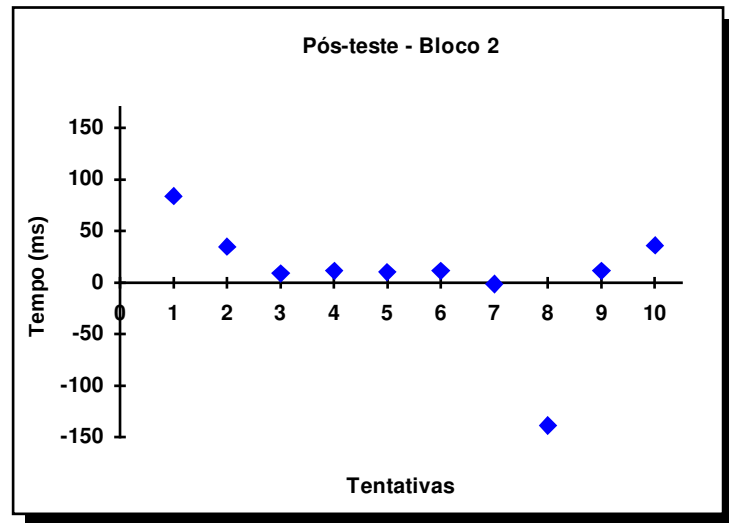


Gráfico C.3

Gráfico C.4



GRUPO COMPLEXO - SIMPLES
DADOS BRUTOS - Sujeito 1

Gráfico C.5

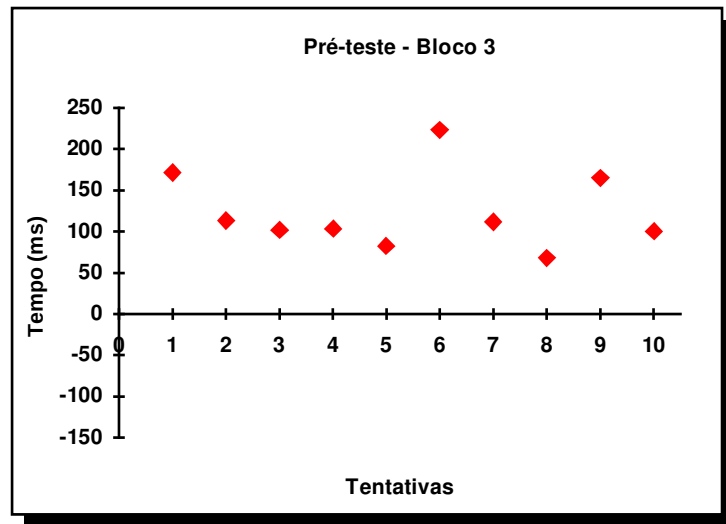


Gráfico C.6

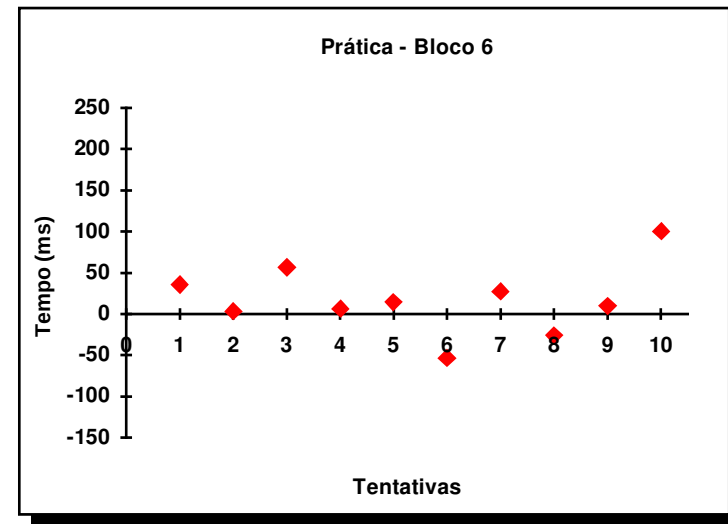


Gráfico C.7

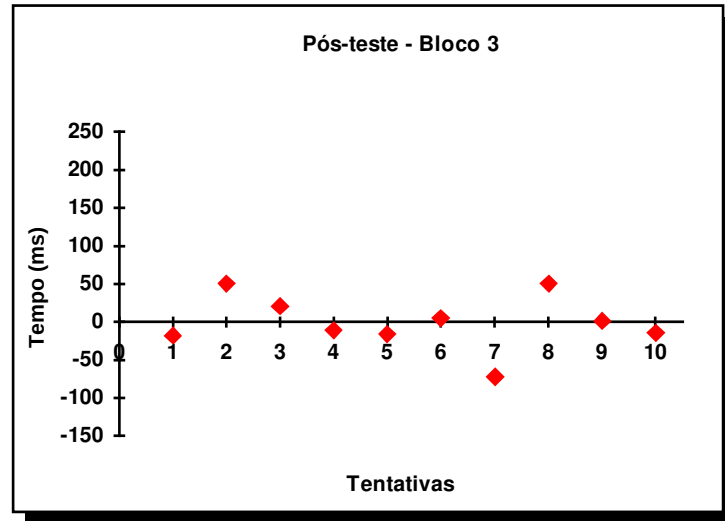


Gráfico C.8

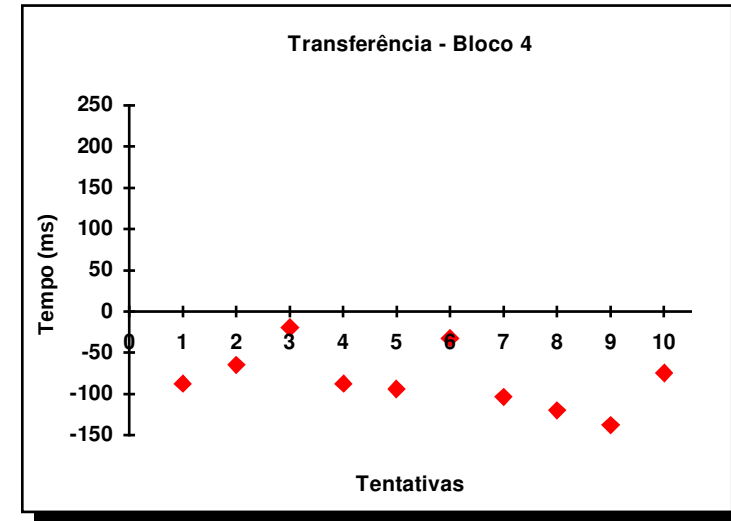


Gráfico C.9: Diagrama paralelo de dispersão para os 20 voluntários no pré- teste do grupo Simples-Complexo

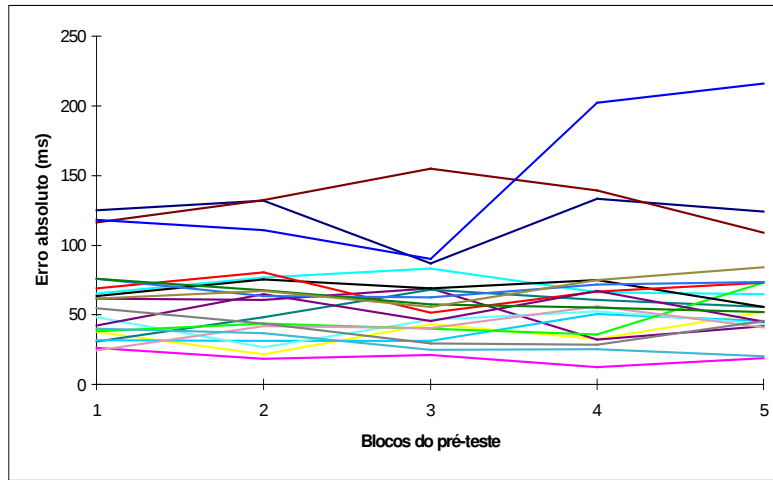


Gráfico C.10: Diagrama paralelo de dispersão para os 20 voluntários no pós-teste do grupo Complexo-Simples

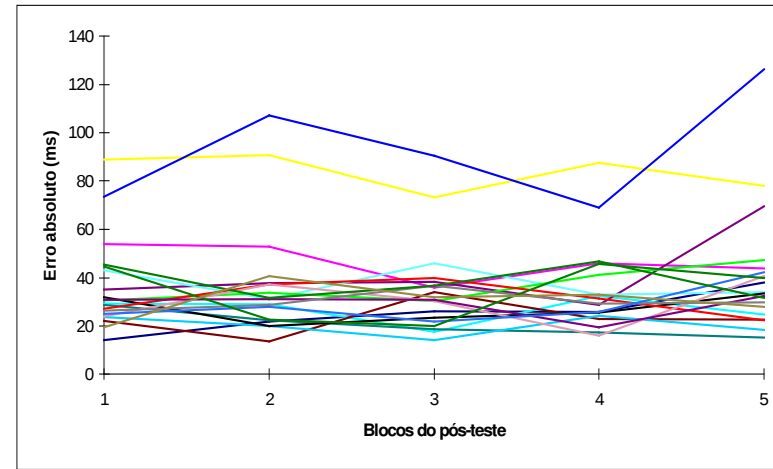
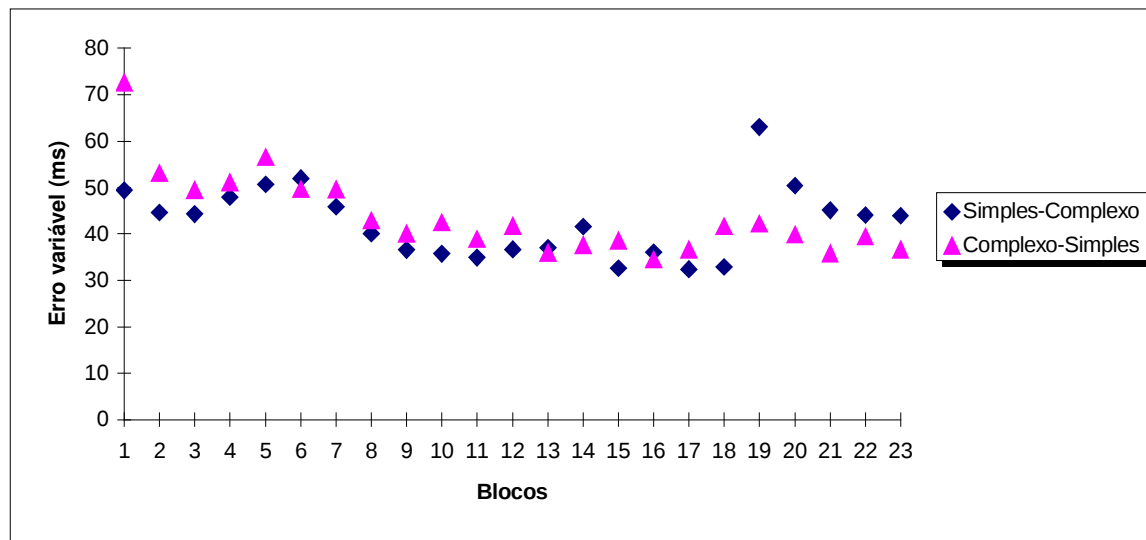


Gráfico C.11: Gráfico de dispersão das médias dos 20 voluntários para cada grupo



APÊNDICE D

ANÁLISE DE RESÍDUOS

Gráfico D.1: Gráfico dos valores previstos pelos resíduos padronizados da variável resposta *erro absoluto*)

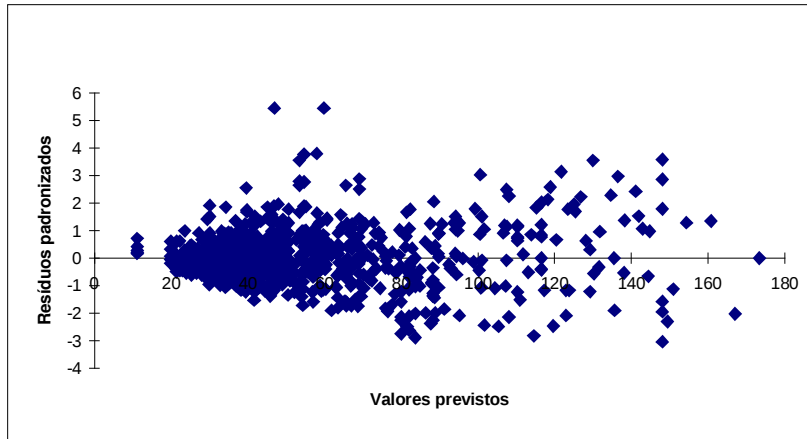


Gráfico D.2: Gráfico dos valores previstos pelos resíduos padronizados da variável resposta *ln(erro*

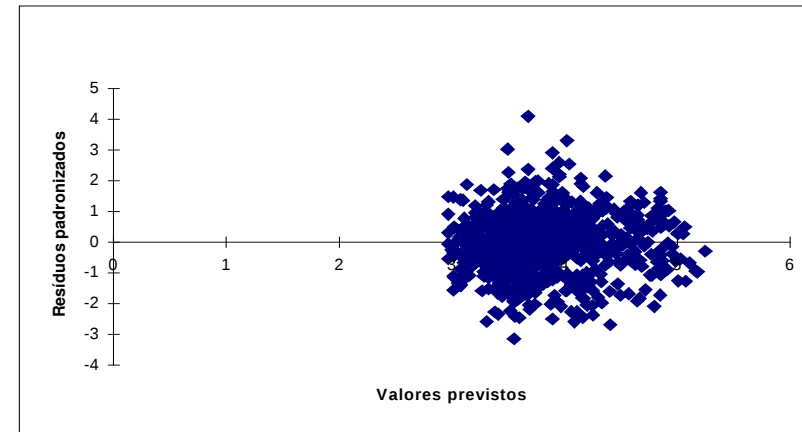


Gráfico D.3: Gráfico dos valores previstos pelos resíduos padronizados do *erro variável*

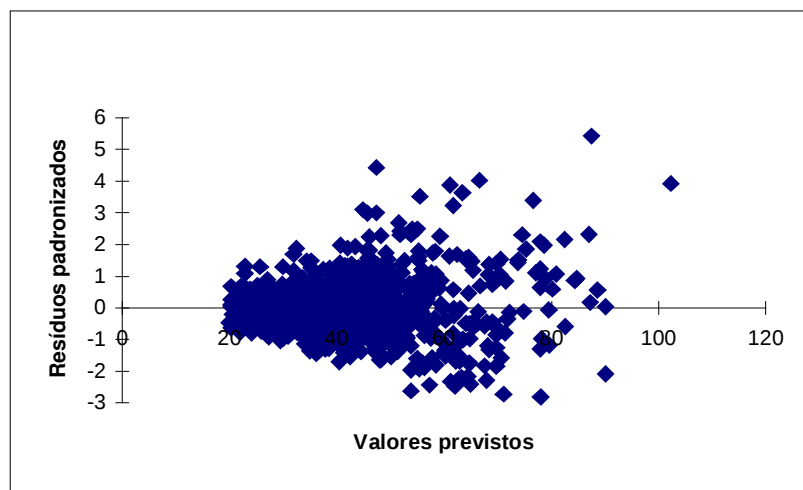


Gráfico D.4: Gráfico de probabilidade normal para os resíduos
resíduos
padronizados da variável resposta *erro absoluto*
absoluto)

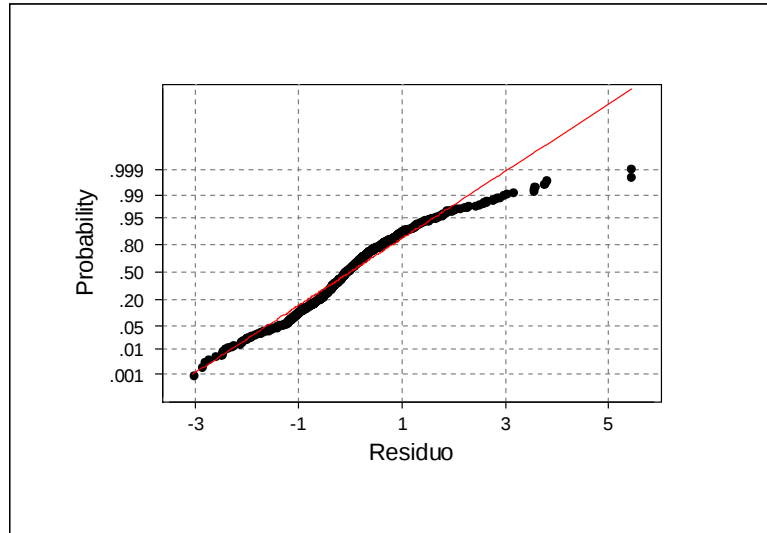


Gráfico D.5:Gráfico de probabilidade normal para os
padronizados da variável resposta $\ln(\text{erro}$
 $\text{absoluto})$

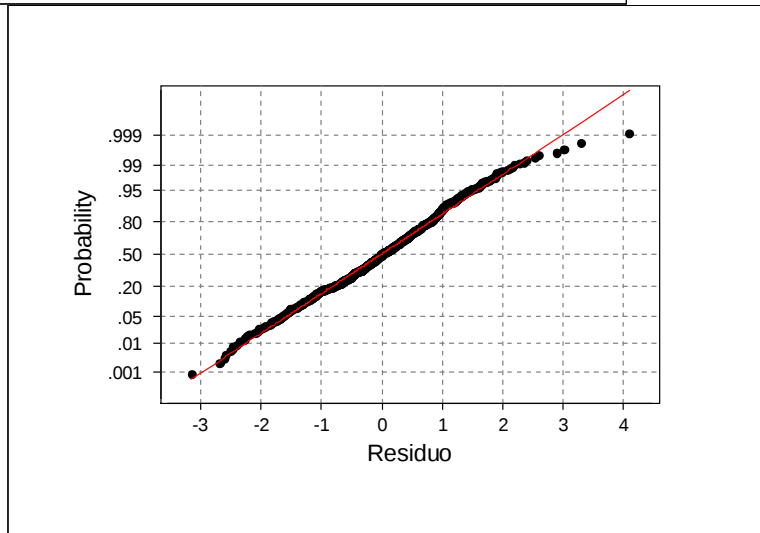


Gráfico D.6: Gráfico de probabilidade normal para os resíduos

padronizados da variável resposta *erro variável*

