

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA – CEA
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA – CÓDIGO 07P14

TÍTULO: Relatório de análise estatística sobre o projeto “Consistência e variabilidade da braçada do nado crawl de atletas master em situação real de competição”.

PESQUISADOR: Profa. Dra. Andrea Michele Freudenheim.

INSTITUIÇÃO: Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

FINALIDADE: Livre Docência.

RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE: Vanessa Olioni Andersson e Luis Gustavo Esteves.

REFERÊNCIA DESTE TRABALHO: ANDERSSON, V. O. e ESTEVES, L.G. **Relatório de análise estatística sobre o projeto “Consistência e variabilidade da braçada do nado crawl de atletas master em situação real de competição”.** São Paulo, IME-USP, 2007.

FICHA TÉCNICA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

FREUDENHEIM, A.M., BASSO, L., XAVIER FILHO, E., MADUREIRA, F., SILVA, C.G.S, MANOEL, E.J. **Organização temporal da braçada do nado crawl: iniciantes “versus” avançados.** R. bras. Ci e Mov. 2005; 13(2): 75-84.

BUSSAB, W.O. e MORETTIN, P.A. (2006). **Estatística Básica.** 5ªed. São Paulo: Ed. Saraiva. 520 p.

VERBEKE, G., Molenberghs, G. (2001). **Linear Mixed Models for Longitudinal Data.** New York: Springer.

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS:

Microsoft Excel (2002).

Microsoft Word (2002).

R 2.1.1.

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Análise Descritiva Multidimensional (03:020)

Análise de Variância com Modelos Mistos (08:030)

ÁREAS DE APLICAÇÃO

Outros (14:990)

ÍNDICE

Resumo	4
1. Introdução	5
2. Descrição do Experimento	6
3. Descrição das Variáveis	7
3.1. Variáveis Demográficas	7
3.2. Variáveis de Desempenho	7
3.3. Variáveis de Macroestrutura	8
3.4. Variáveis de Microestrutura	8
4. Análise Descritiva e Inferencial	9
4.1. Desempenho	10
4.2. Microestrutura	12
4.3. Macroestrutura	16
5. Conclusões	22
APÊNDICE A: TABELAS - ANÁLISE DESCRITIVA	23
APÊNDICE B: FIGURAS - ANÁLISE DESCRITIVA	32
APÊNDICE C: TABELAS – MODELO PARA OS TEMPOS MÉDIOS DAS VARIÁVEIS DE MICROESTRUTURA	52

Resumo

Nos estudos de comportamento motor sempre foi postulado que a variabilidade na execução do movimento é um erro. No âmbito da natação, o desempenho do atleta sempre foi associado à consistência do nado, ou seja, quanto menor a variabilidade nos movimentos da braçada, melhor desempenho teria o atleta. No entanto, percebeu-se que a variabilidade não pode ser vista como um erro, mas sim possivelmente como uma estratégia não consciente do atleta para se adaptar às diferentes situações do contexto de forma a melhorar o seu desempenho.

Deseja-se estudar a consistência (padrão) e a variabilidade (que atende às necessidades do atleta) na braçada do nado crawl de atletas.

Consistência e variabilidade podem ser avaliadas por meio de medidas relativas e absolutas. Para verificar a organização temporal da braçada do nado crawl em termos dessas estruturas, a pesquisadora coletou dados em uma situação real de competição, onde 40 atletas foram filmados e os tempos de seus movimentos foram registrados através de vídeo e então organizados por meio de um banco de dados.

Os dados foram analisados por meio de tabelas resumo, gráficos *box-plot*, gráficos de perfis de média, gráficos de dispersão e aplicação de modelos adequados. Também foi proposta uma nova medida relativa para descrever o ciclo de braçada.

Chegou-se à conclusão que a microestrutura de uma forma geral foi variante ao longo da prova para esse grupo de atletas e que a idade do atleta é um fator determinante na microestrutura do movimento. Com relação à macroestrutura, essa se mostrou ser aparentemente constante ao longo da prova. No entanto, pode-se verificar variabilidade entre os atletas, ou seja, a macroestrutura também apresentou variações para alguns atletas.

1. Introdução

Nos estudos de comportamento motor, sempre predominou a visão de variabilidade da execução do movimento como sinônimo de erro e, portanto, como algo a ser reduzido ou mesmo eliminado. No âmbito da natação, o deslocamento eficaz e eficiente do corpo na água exige uma ação coordenada de braços, pernas, tronco e cabeça, favorável à sua propulsão. Nesse sentido, a sincronização temporal dos movimentos desses vários componentes é crucial para a consistência e, conjuntamente, para o desempenho do atleta.

A visão única da consistência do nado como característica do comportamento motor habilidoso, no entanto, implicaria que o sistema que rege o movimento se tornaria rígido, incapaz de se ajustar às variações do contexto, o que, ao contrário do tradicionalmente postulado, prejudicaria o desempenho do atleta. Com base nesse aspecto, variabilidade e consistência passam a ser vistas como características complementares do comportamento motor habilidoso.

Uma maneira de avaliar consistência e variabilidade pode ser baseada na utilização de medidas relativas e absolutas da estrutura do movimento. A consistência se dará nos aspectos invariantes da ação, portanto, corresponde ao padrão do nado. A variabilidade se dará em termos de aspectos que mudam para atender as demandas específicas da tarefa, assegurando a capacidade de adaptação do comportamento. A consistência aqui será denominada macroestrutura do movimento e a variabilidade, microestrutura do movimento.

Pouco se conhece sobre a organização temporal da braçada do nado crawl em termos de macro e microestrutura do movimento, ou mesmo sobre a existência de relação dessas estruturas do movimento com o desempenho dos atletas. Desse modo, a pesquisadora deseja conhecer o comportamento dessas estruturas e as possíveis associações em termos de desempenho nos atletas em uma situação real de competição.

2. Descrição do Experimento

A coleta dos dados foi realizada em março de 2007 na piscina semi-olímpica do “Clube Internacional de Regatas”, localizado na cidade de Santos (SP), durante uma prova de 400m nado livre, na categoria master, em uma competição oficial da Federação Aquática Paulista.

Sobre a piscina de 25m, foram instaladas câmeras fixas e juntamente nas bordas se encontravam câmeras móveis que se movimentavam ao longo da piscina com ajuda humana para que os nadadores pudessem ser filmados em seu trajeto.

Foram filmados 40 atletas, de ambos os sexos e idades variando entre 21 e 54 anos e já considerados mais habilidosos que os demais participantes da prova. O critério de habilidade foi definido pela ordem de balizamento, ou seja, todos os 40 atletas ocupavam nas suas respectivas séries, as quatro raias centrais da piscina, local no qual os nadadores de tempos menores largam para a competição.

Por ser uma prova de longa duração, foram filmados 4 dos 16 percursos de 25 metros para cada um dos atletas e em cada um desses percursos foram analisados 3 ciclos de braçada, aqui definido como uma braçada completa do braço direito e esquerdo.

Os dados foram obtidos através de um software (“Virtual Dub” versão 1.6.16) onde as imagens de cada um dos atletas foi analisada e os tempos para cada uma das características investigadas foram anotados. Nesta etapa, 9 atletas foram descartados do estudo, pois devido a turbulência na água provocada por esses atletas durante a prova, não foi possível a verificação exata dos seus movimentos através do vídeo.

3. Descrição das Variáveis

3.1. Variáveis de Identificação e Controle do Experimento:

- Nadador;
- Sexo do nadador (masculino ou feminino);
- Idade do nadador, medida em anos;
- Parte da prova em que as medidas foram tomadas;
- Ciclo analisado;

3.2. Variáveis de Desempenho

- Tempo gasto pelo atleta para nadar 25m, medido em segundos (s);
- Número de braçadas do atleta para nadar 25m, medido em segundos (s);
- Velocidade média do atleta para nadar 25m (razão entre o comprimento da piscina, no caso 25m, e o tempo gasto pelo atleta para percorrer 25m), medido em metros por segundo (m/s);
- Comprimento médio da braçada do atleta em 25m (razão entre o comprimento da piscina, no caso 25m, e o número de braçadas do atleta para percorrer 25m), medido em metros por braçadas (m/BR);

- Índice de eficiência do atleta para percorrer 25m (produto da velocidade média e o comprimento médio da braçada do atleta no percurso de 25m), medidos em $m^2/s \cdot BR$;
- Tempo gasto pelo atleta para percorrer 400m, medido em segundos (s).

3.3. Variáveis de Macroestrutura

- Tempo relativo da fase aérea do braço direito (razão entre o tempo da fase aérea do braço direito e o tempo total do braço direito), em porcentagem;
- Tempo relativo da fase aérea do braço esquerdo (razão entre o tempo da fase aérea do braço esquerdo e o tempo total do braço esquerdo), em porcentagem;
- Tempo relativo da fase aquática do braço direito (razão entre o tempo da fase aquática do braço direito e o tempo total do braço direito), em porcentagem;
- Tempo relativo da fase aquática do braço esquerdo (razão entre o tempo da fase aquática do braço esquerdo e o tempo total do braço esquerdo), em porcentagem.

3.4. Variáveis de Microestrutura

- Tempo da fase aérea do braço direito, medido em milisegundos (ms);
- Tempo da fase aérea do braço esquerdo, medido em milisegundos (ms);
- Tempo da fase aquática do braço direito, medido em milisegundos (ms);
- Tempo da fase aquática do braço esquerdo, medido em milisegundos (ms);

- Tempo total do braço direito (soma do tempo da fase aérea com a fase aquática do braço direito), medido em milissegundos (ms);
- Tempo total do braço esquerdo (soma do tempo da fase aérea com a fase aquática do braço esquerdo), medido em milissegundos (ms);
- Tempo total do ciclo (soma do tempo total do braço direito com o total do braço esquerdo), medido em milissegundos (ms).

4. Análise Descritiva e Inferencial

Após o recebimento dos dados fornecidos pela pesquisadora, os mesmos foram reorganizados de tal forma que para cada um dos nadadores, em cada uma das partes da prova foram calculados os valores médios e o desvio padrão nos 3 ciclos das variáveis de micro e macroestrutura, conforme representação do banco de dados na Figura B.1.

Com o banco de dados modificado, foram construídas tabelas de medidas resumo, gráficos *box-plot* e gráficos de perfis de média para todas as variáveis do estudo com o intuito de descrever o comportamento de cada atleta e o comportamento médio para o grupo.

Os gráficos construídos também foram essenciais para encontrar valores discrepantes ou mesmo erros de digitação, e então posteriormente corrigidos (no caso de erro de digitação) ou validados (no caso de valores discrepantes).

Foram construídos também gráficos de dispersão relacionando sexo e idade dos nadadores em termos das demais variáveis de estudo para verificar eventuais associações.

Por fim, foram construídas matrizes de correlação para cada uma das variáveis de microestrutura para verificar a dependência no tempo (parte da prova em que foi realizada a medida) dessas variáveis.

Para as medidas de microestrutura foi proposto um modelo para dados longitudinais, em decorrência do interesse do estudo e a característica dos dados. Em relação às medidas de macroestrutura, essas foram analisadas sob uma nova proposta que permite avaliar conjuntamente as características num mesmo ciclo, permitindo melhorar a caracterização do ciclo da braçada em termos relativos.

A caracterização da amostra na qual as análises foram aplicadas é resumida na Tabela A.1. O grupo de nadadores é composto de 10 mulheres e 21 homens, sendo que em média as nadadoras são mais jovens que os nadadores, porém a dispersão das idades é praticamente a mesma para os dois sexos.

4.1. Desempenho

Tempo e velocidade média foram analisados simultaneamente, pois o aumento de um implica na redução do outro e vice-versa, uma vez que a distância é fixada em 25 metros (comprimento da piscina). Percebe-se que o tempo médio para nadar 25m para esses atletas é menor na primeira e última parte, o que implica em uma maior velocidade nessas partes. Na Figura B.21, não se detectou nenhum ponto discrepante em relação ao grupo. Da Figura B.24, é possível ver certa padronização do grupo, mais precisamente, os atletas possuem, com algumas exceções, perfis parecidos com relação ao tempo médio para nadar 25m, com tempos menores na primeira e última parte da prova.

O número e o comprimento da braçada também foram analisados simultaneamente pelo mesmo motivo já citado para o tempo e a velocidade média para nadar 25m. Conforme a Tabela A.16 e a Tabela A.17, o número de braçadas tende a aumentar para esses nadadores ao longo da prova, implicando no menor comprimento da braçada. Na Figura B.22, é possível ver que a variabilidade parece ser aproximadamente a mesma entre os atletas. Nessa figura é possível verificar também a existência de dois pontos discrepantes para o comprimento médio da braçada: a primeira de um nadador de 24 anos (N=19) e a última parte da prova de uma nadadora de 22 anos (N=23).

Embora a variabilidade do número de braçadas e do comprimento seja considerada baixa para esse grupo, conforme os valores da Tabela A.16 e da Tabela A.17, observa-se, na Figura B.25, que existe certa diferença entre esses nadadores, em especial na primeira parte da prova com relação ao comprimento médio da braçada.

O índice de eficiência médio tende a diminuir ao longo da prova conforme Tabela A.18 e a variabilidade desse índice entre os atletas parece ser baixa considerando as medidas de desvio padrão e coeficiente de variação. Da Figura B.23, percebe-se que a variabilidade do índice tende a diminuir ao longo da prova, e que nenhum ponto discrepante para essa medida foi detectado nesses nadadores. Pela Figura B.26 é possível ver que os atletas com índice de eficiência menor tendem a permanecer com o índice mais constante durante a prova, ao passo que os nadadores que começam com um índice de eficiência alto, tendem a diminuir-lo durante a prova. Por fim, observa-se que o tempo médio para esse grupo concluir a prova tem variabilidade baixa conforme a Tabela A.19. Da Figura B.23 observa-se para este caso também não foram detectados pontos discrepantes.

4.2. Microestrutura

A análise descritiva para as variáveis de microestrutura revelou que para esse grupo de nadadores o tempo gasto na fase aérea tanto para o braço direito como para o braço esquerdo tende em média a diminuir ao longo da prova. O tempo gasto na fase aquática, para cada um dos braços tende, em média, a ser um pouco menor na primeira e última parte da prova, conforme a Tabela A.2 e a Tabela A.3.

Percebeu-se também nas mesmas tabelas, que o tempo médio do braço esquerdo é um pouco superior ao tempo do braço direito nas fases aérea e aquática. Por fim, o tempo da fase aquática é consideravelmente maior que o tempo da fase aérea.

A variabilidade entre os atletas com relação aos tempos médios das fases aquática e aérea pode ser considerada baixa. Estas medidas tendem a ser parecidas nas diferentes partes da prova e entre os dois braços. No entanto, o tempo gasto na fase aérea parecer variar um pouco mais que o da fase aquática, conforme a Tabela A.2 e a Tabela A.3.

A variabilidade interna do nadador, medida pelo desvio padrão para os 3 ciclos, pode ser considerada, em média, baixa para esse grupo, tanto para o braço direito como para o braço esquerdo, nas fases aérea e aquática, mas considerando a variabilidade desses desvios, observa-se que há uma grande diferença entre esses nadadores tanto na fase aérea como na fase aquática e novamente para os dois braços, conforme a Tabela A.4 e a Tabela A.5.

Os gráficos de perfis de médias individuais para o tempo da fase aérea e aquática para cada braço mostram que visualmente há um certo comportamento padrão para esse grupo (Figura B.6 e Figura B.7). Já em relação ao desvio padrão dos tempos dos atletas para as fases aérea e aquática para cada um dos braços é possível verificar que existe grande variabilidade, não sendo possível verificar um padrão único de variabilidade para este grupo (Figura B.8 e Figura B.9).

A Tabela A.6 mostra o tempo total gasto na realização de uma braçada direita e esquerda separadamente. Observa-se, nessa tabela, que o tempo médio do braço esquerdo é levemente superior ao tempo do braço direito. A variabilidade entre os atletas com relação ao tempo médio da braçada direita e esquerda pode ser considerada baixa e parecida entre as diferentes partes da prova.

Com relação ao desvio padrão do tempo total de cada braço de cada nadador, a Tabela A.7 mostra resultados similares aos já encontrados anteriormente, ou seja, variabilidade média baixa para o grupo mas, considerando novamente a variabilidade desses desvios entre as diferentes partes da prova e braços, encontra-se uma grande diferença entre os atletas.

Os perfis de médias individuais para o tempo total do braço direito na Figura B.12 mostram que existe um certo padrão para esse grupo de nadadores. Os perfis dos desvios representados na Figura B.13 mostram que a variabilidade no nadador com relação ao braço esquerdo é maior que a do braço direito e que novamente não é possível verificar um padrão único para esse grupo em termos de variabilidade interna.

Observa-se, da Tabela A.8, que o tempo total do ciclo é, em média, menor na primeira e última parte da prova e que a variabilidade desse tempo médio entre os atletas cresce um pouco ao longo da prova. Quanta a variabilidade do nadador no tempo para executar os ciclos, observa-se que a mesma é, em média, baixa para esse grupo. No entanto, é possível verificar que existe uma diferença grande entre os atletas conforme a Tabela A.9.

Na Figura B.15 é possível verificar um padrão mais definido com relação ao tempo médio do ciclo. No entanto, com relação ao desvio padrão, observa-se na mesma figura que há uma grande variabilidade entre os atletas, não sendo possível determinar visualmente um padrão de variabilidade para esse grupo.

Os *box-plots* representados da Figura B.2 à Figura B.5, Figura B.10, Figura B.11 e Figura B.14 mostram a presença de alguns pontos discrepantes. No entanto, a investigação desses pontos levou a ocorrência dos mesmos nadadores, sendo que todos indicam medidas superiores em relação ao grupo.

A média dos tempos médios das variáveis de microestrutura para cada um dos atletas entre as 4 partes da prova é representada graficamente segundo o sexo e a idade, da Figura B.27 à Figura B.30. Aparentemente não há influência do sexo do nadador nos tempos analisados, mas há um crescimento sutil nos tempos médios conforme a idade do atleta.

Por fim, as correlações entre os tempos médios das variáveis de microestrutura entre as 4 partes da prova se encontram da Tabela A.20 à Tabela A.23. Observa-se que essas medidas são fortemente correlacionadas com o tempo ao longo da prova. No entanto, as correlações entre os desvios padrões dessas médias, representando a variabilidade interna ao nadador parecem não ter associação com o tempo ao longo da prova, conforme os dados que se encontram da Tabela A.24 à Tabela A.27.

Com o intuito de verificar a significância dos resultados obtidos por meio de medidas resumo e gráficos para os tempos médios das variáveis de microestrutura foi proposto um modelo para dados longitudinais. O modelo foi sugerido devido às características dos dados e ao interesse do estudo: deseja-se avaliar o comportamento de uma ou mais características dos elementos de uma mesma população ao longo de uma certa escala ordenada (tempo). No caso do estudo, as características de interesse são as variáveis de microestrutura analisadas ao longo das diferentes partes da prova. O modelo proposto é dado com mais detalhe no Apêndice C, sendo que aqui serão discutidos os resultados encontrados.

O modelo foi aplicado para cada uma das variáveis de microestrutura, sendo que dependência entre as medidas de tempo entre braços e diferentes fases do ciclo no mesmo nadador não foram consideradas, o que, portanto, impõe limitações aos resultados da análise. No entanto, o modelo é válido para a verificação dessas características do ciclo isoladamente.

Da Tabela C.1, observa-se que o tempo estimado da fase aérea do braço esquerdo é 43 milisegundos superior ao tempo estimado para o braço direito e que a diminuição do tempo da fase aérea ao longo da prova pode ser considerada significativa para os dois braços (para cada parte da prova, o decréscimo no braço direito em relação à primeira fase teve respectivamente, $p\text{-valor}=0,0215$, $p\text{-valor}=0,0064$, $p\text{-valor} < 0,0001$ e para o braço esquerdo, $p\text{-valor}=0,0064$, $p\text{-valor}=0,0016$, $p\text{-valor} < 0,0001$).

Em relação ao tempo da fase aquática, observa-se da Tabela C.2 que o tempo estimado dessa fase para o braço esquerdo é 38 milisegundos inferior ao tempo estimado do braço direito. O tempo da fase aquática mostrou-se praticamente constante ao longo da prova para o braço direito (para cada parte da prova, o decréscimo no braço direito em relação à primeira fase teve respectivamente, $p\text{-valor}=0,0417$, $p\text{-valor}=0,1646$, $p\text{-valor}=0,2179$) e menor na primeira e última parte da prova para o braço esquerdo (para a primeira e segunda parte da prova o acréscimo no braço esquerdo em relação à primeira fase teve respectivamente, $p\text{-valor}=0,0087$, $p\text{-valor}=0,0062$, e o decréscimo em relação à última parte, $p\text{-valor}=0,7986$).

A idade mostrou ser um fator influente no tempo da fase aérea e aquática do braço direito ($p\text{-valor}=0,008$ e $p\text{-valor}=0,009$), com respectivos acréscimos de 2 e 5 milisegundos no tempo a cada acréscimo de um ano na idade do atleta e no tempo da fase aquática do braço esquerdo ($p\text{-valor}=0,0013$) com um acréscimo de 6 milisegundos.

Com relação ao tempo total de cada um dos braços, observa-se que existe uma diminuição significativa no tempo na última parte da prova (para o braço direito, $p\text{-valor}=0,0003$ e para o braço esquerdo, $p\text{-valor}=0,0042$). Conclusão semelhante pode ser dita a respeito do tempo do ciclo ($p\text{-valor}=0,0009$), conforme a Tabela C.3 e a Tabela C.4. A idade aparece novamente como sendo um fator determinante tanto no tempo total de cada braço (para o braço direito, $p\text{-valor}=0,0019$ e para o braço esquerdo, $p\text{-valor}=0,0026$), como no tempo total do ciclo ($p\text{-valor}=0,0022$), sendo que é esperado um acréscimo de 6 milisegundos no tempo de cada braço e 13 milisegundos no tempo do ciclo a cada acréscimo de um ano na idade do atleta.

4.3. Macroestrutura

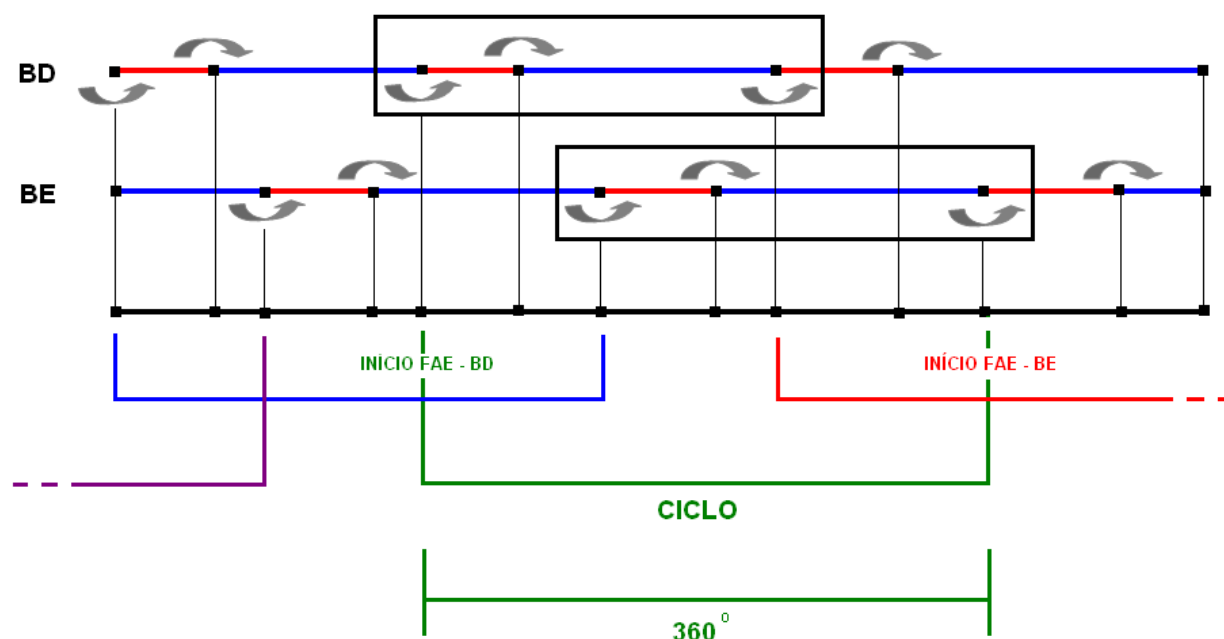
Os dados de macroestrutura enviados pela pesquisadora se caracterizavam para cada braço (direito ou esquerdo) pela razão entre o tempo da fase aérea e o tempo total da braçada, e a razão entre o tempo da fase aquática e o tempo total da braçada, de forma que essas duas razões somavam 100%. Esses dados são resumidos da Tabela A.10 a Tabela A.13, e representados graficamente da Figura B.16 a Figura B.20, Figura B.31 e Figura B. 32.

Observou-se para esse tipo de medida que os tempos relativos da fase aérea (e conseqüentemente da fase aquática) são, aproximadamente, constantes ao longo da prova para esse grupo de nadadores. No entanto, esse tipo de medida não é uma boa representação das fases do ciclo da braçada, pois desconsidera a dependência entre os braços e os tempos de braçadas sucessivas.

Com o objetivo de melhorar a descrição do tempo relativo das fases do ciclo, foi sugerido a transformação do tempo do ciclo dos nadadores em dados circulares.

Serão utilizados para análise dois tipos de gráficos. No primeiro foi estabelecido que um ciclo de uma braçada se incia sempre no momento em que a mão direita do nadador sai da água, ou seja, no momento em que se inicia a fase aérea do braço direito e termina no momento em que a mão esquerda sai da água já para o ciclo seguinte, pois dessa forma se assegura que as 4 fases componentes do ciclo (aérea e aquática para o braço direito e esquerdo) serão observadas. Dada essa condição, trabalhou-se com os tempos da câmera, a fim de se registrar todos os momentos que se encaixam entre esses dois pontos, conforme a Figura. 1 abaixo:

Figura. 1 – Esquema do ciclo da braçada do nado crawl



Na Figura.1 observa-se duas retas que representam a linha do tempo de acordo com a câmera para o braço direito e o para o braço esquerdo. O trecho da linha na cor vermelha representa o tempo da fase aérea e o trecho na cor azul, o tempo da fase aquática. A flecha com sentido ascendente representa o momento em que a mão do nadador sai da água, já a flecha com sentido descendente corresponde ao momento em que a mão do nadador entre novamente na água.

A linha preta corresponde à linha do tempo total, onde se encontram projetados todos os instantes captados pela câmera para o braço direito e para o braço esquerdo. Os ciclos são representados pelas chaves coloridas abaixo da linha do tempo total, observando que há sobreposição dos ciclos (o início do próximo ciclo ocorre antes do fim do ciclo atual).

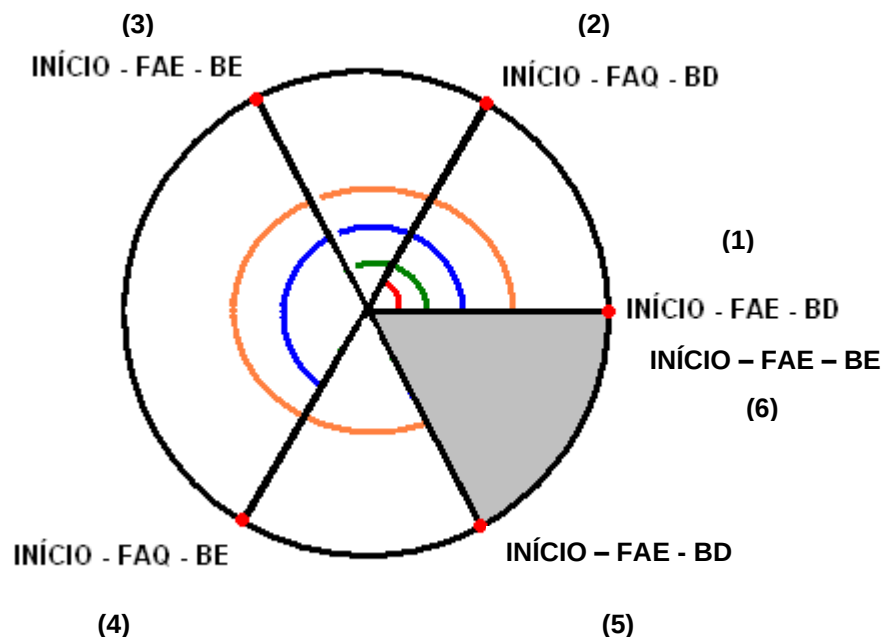
A notação para fase aérea e aquática será respectivamente “FAE” e “FAQ” e para o braço direito e esquerdo será respectivamente “BD” e “BE” e será empregada daqui em diante.

Conforme a Figura.1, o ciclo se inicia no momento em que a câmera registra o movimento da mão direita saindo da água. Este momento é denominado “INÍCIO-FAE-BD” e pertence ao ciclo na cor verde. O fim do ciclo se dará com o momento em que a câmera registra o movimento da mão esquerda saindo da água novamente, e na figura é denominado “INÍCIO-FAE-BE” e pertence ao ciclo vermelho (ou seja, ao ciclo seguinte).

A diferença entre esses dois momentos dará uma certa amplitude de tempo, que corresponde ao tempo total do ciclo. Dentro desse intervalo, as diferenças entre os momentos captados pela câmera em relação à origem (INÍCIO – FAE – BD) darão a idéia de tempo que se levou para iniciar e finalizar as fases aérea e aquática para o braço esquerdo e direito.

A amplitude maior corresponderá a 360 graus, sendo que por meio de uma regra simples de três foram encontrados os outros ângulos que correspondem ao início e fim da fase aérea e aquática do braço direito e esquerdo a partir a origem fixada em zero grau. A representação desses ângulos através de um gráfico circular será utilizado na análise da organização temporal da braçada do nadador em termos relativos conforme a Figura.2 abaixo:

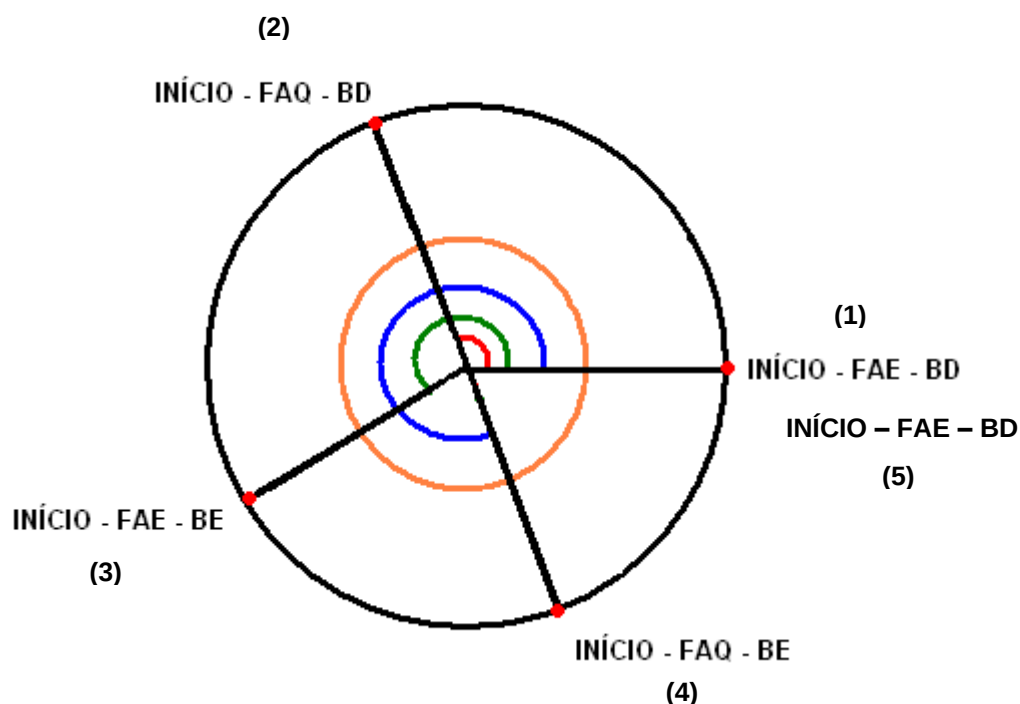
Figura. 2 – Gráfico circular (I) representando os ângulos correspondentes aos inícios das fases do ciclo calculados a partir da origem.



Observa-se da Figura.2 que existe uma representação total do ciclo, ou seja, o setor angular entre (1) e (2), e entre (2) e (5) representam respectivamente as fases aérea e aquática do braço direito. Já entre (3) e (4), e entre (4) e (6) estão representadas as fases aérea e aquática do braço esquerdo. No entanto, este tipo de gráfico sobrepõe o próximo ciclo, que se inicializa no momento (5), fora de zero grau como é desejado, ou seja, existe uma área a mais no círculo, representada na cor cinza, que contém o tempo da fase aérea do braço direito já para o próximo ciclo.

Com o intuito de verificar isoladamente um ciclo, aplicou-se uma correção nos ângulos, no qual cada um dos três primeiros ângulos (representados na Figura.2 pelas cores vermelha, verde e azul) foi dividido pela ângulo maior (representado na Figura.2 pela cor marrom), e em seguida cada uma dessas frações foi multiplicada por 360. Com isso, construiu-se um outro gráfico para análise, de onde se têm as representações completas da fase aérea e aquática do braço direito e da fase aérea do braço esquerdo. No entanto, o novo gráfico perde informação sobre o tempo da fase aquática do braço esquerdo. A Figura 3. representa o outro gráfico utilizado para a análise:

Figura. 3 – Gráfico circular (II) de um único ciclo representando os ângulos correspondentes aos inícios das fases área para o braço direito e esquerdo e aquática para o direito.



Observa-se da Figura.3 que existe uma representação quase total do ciclo, ou seja, o setor angular entre (1) e (2), e entre (2) e (5) representam respectivamente as fases aérea e aquática do braço direito. Já entre (3) e (4) está representada a fase aérea do braço esquerdo. O setor angular entre (4) e (5) representa apenas uma parte da fase aquática do braço esquerdo, no entanto, por meio desse gráfico será possível analisar isoladamente um ciclo, sem sobreposição de outro.

Com a transformação dos dados, inicialmente construiu-se gráficos circulares (I) e (II) para todos os ciclos de cada um dos nadadores em cada uma das fases da prova para se ter percepção sobre a dispersão geral dos atletas e seu comportamento.

Conforme a Figura B.36 e a Figura B.37, observa-se que a organização temporal da braçada do nado aparentemente se mantém parecida nas diferentes partes da prova para esse grupo, com exceção de alguns nadadores que modificaram bastante sua organização temporal. De um modo geral, os pontos coloridos que aparecem fora do aglomerado de pontos com a mesma cor, representam nadadores com ciclo atípicos em relação ao grupo. Mais rápido se aparecem antes ou mais lentos, se aparecem depois do aglomerado. Por exemplo, na Figura B.36, dois nadadores na última parte da prova iniciaram rapidamente a fase aérea do braço direito já para o próximo ciclo (representados pelos pontos verdes, entre o aglomerado de pontos na cor azul escuro e azul claro), ou um nadador que apresentou um início de fase aquática esquerda tardiamente (representado pelo ponto na cor azul claro no aglomerado de pontos verdes).

A variação no momento em que se inicia cada fase do ciclo aparentemente é grande, e fica mais visível na Figura B.37, onde se pode avaliar um ciclo isoladamente.

Visando melhorar a representação dos dados, foi calculada a média angular em cada uma das fases observadas para um mesmo nadador nas diferentes partes da prova, conforme a Figura B.38 e a Figura B.39. A partir dessas figuras é possível verificar que o aglomerado de pontos na mesma cor se aproxima, portanto, a variabilidade entre os atletas se torna menor, ou seja, em média, os nadadores tendem a iniciar fase aérea, aquática, pra ambos os braços, em momentos semelhantes, no entanto, a variabilidade entre os atletas aparentemente se mantém alta, observando-se a Figura B.39.

Por fim, a Figura B.40 e a Figura B.41, representam os instantes médios para o total do grupo para cada um das partes da prova. Por meio destas é possível verificar que em média, esse grupo de atleta apresenta organização temporal bastante semelhante nas diferentes partes da prova.

5. Conclusões

Com relação às medidas de desempenho, observou-se por meio de gráficos e tabelas, que a velocidade média para nadar 25m tende a ser menor na primeira e na quarta parte da prova, no entanto, o comprimento da braçada tende a diminuir. Observou-se também que aparentemente nadadores com índice de eficiência inicialmente mais altos, tendem a diminuir a eficiência ao longo da prova, no entanto, os nadadores com índices de eficiência mais baixos, tendem a mantê-los constantes.

De uma forma geral, a microestrutura do movimento se mostrou variante ao longo da prova. O modelo ajustado para os tempos médios das variáveis de microestrutura, embora apresente limitações nos resultados da análise, mostrou que o tempo da fase aérea diminui ao longo da prova e que o tempo da fase aquática para o braço esquerdo tende a ser menor na primeira e quarta parte da prova. No entanto, o tempo da fase aquática se mantém praticamente constante para o braço direito.

Tomando-se o tempo total de cada braço e o tempo do ciclo, pode-se verificar que foram menores na última parte da prova, se mantendo constantes nas demais partes. Por fim, a idade do atleta mostrou-se ser determinante na microestrutura do movimento.

Foi sugerida também uma nova forma de se observar a macroestrutura do movimento de forma a melhorar a descrição do tempo relativo das fases do ciclo. Para isso foram construídos dois tipos de gráficos circulares. A análise dos mesmos mostrou que de uma forma geral, esse grupo de nadadores apresentou organização temporal semelhante ao longo da prova. No entanto, aparentemente existe um variabilidade grande entre os nadadores, observando-se alguns nadadores que modificaram sua organização temporal de forma bastante significativa na última parte da prova.

APÊNDICE A: TABELAS - ANÁLISE DESCRITIVA

Tabela A.1 - IDADE DOS ATLETAS SEGUNDO SEXO (em anos)

FEMININO								
n	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
10	30	11	38%	21	22	24	34	53

MASCULINO								
n	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
21	34	10	31%	21	25	32	41	54

Tabela A.2 - TEMPO DA FASE AÉREA (ms) PARA CADA BRAÇO (MÉDIA PARA OS 3 CICLOS)

BRAÇO DIREITO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	182	42	23%	117	150	178	206	305
2	174	42	24%	100	147	172	197	278
3	172	47	27%	95	136	166	211	300
4	162	44	27%	94	133	156	181	267

BRAÇO ESQUERDO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	188	42	22%	128	156	172	211	283
2	180	43	24%	112	147	167	211	272
3	174	40	23%	111	149	172	200	283
4	167	44	26%	95	145	150	195	278

Tabela A.3 - TEMPO DA FASE AQUÁTICA (ms) PARA CADA BRAÇO (MÉDIA PARA OS 3 CICLOS)

BRAÇO DIREITO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	582	104	18%	411	531	572	628	967
2	596	106	18%	405	525	594	648	967
3	591	118	20%	411	519	567	633	1028
4	573	118	21%	395	492	572	608	1011

BRAÇO ESQUERDO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	573	102	18%	411	506	572	628	900
2	591	109	19%	394	522	567	664	928
3	592	115	19%	411	503	555	658	956
4	572	117	21%	428	485	539	622	983

Tabela A.4 - TEMPO DA FASE AÉREA (ms) PARA CADA BRAÇO (DESV. PADRÃO PARA 3 OS CICLOS)

BRAÇO DIREITO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	17	14	80%	0	9	17	25	58
2	13	9	70%	0	9	10	19	44
3	15	16	104%	0	9	10	19	83
4	12	8	63%	0	10	10	17	29

BRAÇO ESQUERDO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	15	10	65%	0	10	17	25	29
2	20	22	109%	0	10	10	20	114
3	17	14	82%	0	9	17	25	48
4	12	10	83%	0	5	10	17	33

Tabela A.5 - TEMPO DA FASE AQUÁTICA (ms) PARA CADA BRAÇO (DESV. PADRÃO PARA 3 OS CICLOS)

BRAÇO DIREITO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	19	14	73%	0	10	17	25	69
2	17	10	63%	0	10	17	22	38
3	21	12	58%	0	13	19	25	58
4	20	14	70%	0	9	17	29	54

BRAÇO ESQUERDO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	19	14	74%	0	10	17	29	50
2	22	21	96%	0	10	17	25	84
3	24	19	78%	0	10	19	31	79
4	20	11	53%	9	10	19	27	50

Tabela A.6 - TEMPO TOTAL (ms) PARA CADA BRAÇO (MÉDIA PARA 3 OS CICLOS)

BRAÇO DIREITO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	764	124	16%	563	692	761	800	1217
2	770	129	17%	517	683	756	831	1217
3	764	136	18%	528	678	733	828	1239
4	736	140	19%	517	631	717	775	1222

BRAÇO ESQUERDO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	762	120	16%	561	686	756	797	1183
2	771	131	17%	522	681	761	845	1200
3	766	137	18%	533	672	744	839	1239
4	739	140	19%	528	642	717	775	1250

Tabela A.7 - TEMPO TOTAL (ms) PARA CADA BRAÇO (DESV. PADRÃO PARA 3 OS CICLOS)

BRAÇO DIREITO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	19	10	56%	0	10	17	25	44
2	18	10	54%	0	10	17	25	38
3	20	15	76%	0	10	17	27	63
4	17	11	67%	0	10	17	25	48

BRAÇO ESQUERDO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	18	11	62%	0	10	17	25	44
2	22	23	107%	0	10	11	20	104
3	19	18	93%	0	10	17	22	95
4	22	15	67%	0	10	17	29	58

Tabela A.8 - TEMPO DO CICLO (ms) - MÉDIA PARA 3 OS CICLOS

Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	1526	244	16%	1124	1377	1511	1597	2400
2	1541	259	17%	1039	1364	1517	1692	2417
3	1530	273	18%	1061	1350	1467	1667	2478
4	1474	280	19%	1044	1270	1439	1547	2472

Tabela A.9 - TEMPO DO CICLO (ms) - DESVIO PADRÃO PARA 3 OS CICLOS

Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	26	17	66%	0	13	25	32	63
2	32	22	69%	9	19	27	34	117
3	32	24	75%	1	16	28	42	100
4	32	21	67%	1	17	28	43	95

Tabela A.10 - TEMPO RELATIVO DA FASE AÉREA (ms) PARA CADA BRAÇO (MÉDIA PARA OS 3 CICLOS)

BRAÇO DIREITO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	24	4	19%	17	21	24	26	34
2	23	4	18%	15	20	22	25	30
3	23	5	22%	12	18	23	26	32
4	22	4	19%	14	19	22	25	30

BRAÇO ESQUERDO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	25	5	19%	17	21	25	27	36
2	23	4	19%	15	21	23	25	34
3	23	4	17%	17	20	22	25	34
4	23	5	21%	14	20	22	24	39

Tabela A.11 - TEMPO RELATIVO DA FASE AQUÁTICA (ms) PARA CADA BRAÇO (MÉDIA PARA OS 3 CICLOS)

BRAÇO DIREITO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	76	4	6%	66	74	76	79	83
2	77	4	5%	70	75	78	80	85
3	77	5	6%	68	74	77	82	88
4	78	4	6%	70	75	78	81	86

BRAÇO ESQUERDO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	75	5	6%	64	73	75	79	83
2	77	4	6%	66	75	77	79	85
3	77	4	5%	66	75	78	80	83
4	77	5	6%	61	76	78	80	86

Tabela A.12 - TEMPO RELATIVO DA FASE AQUÁTICA (ms) PARA CADA BRAÇO (MÉDIA PARA OS 3 CICLOS)

BRAÇO DIREITO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	76	4	6%	66	74	76	79	83
2	77	4	5%	70	75	78	80	85
3	77	5	6%	68	74	77	82	88
4	78	4	6%	70	75	78	81	86

BRAÇO ESQUERDO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	75	5	6%	64	73	75	79	83
2	77	4	6%	66	75	77	79	85
3	77	4	5%	66	75	78	80	83
4	77	5	6%	61	76	78	80	86

Tabela A.13 - TEMPO RELATIVO DA FASE AQUÁTICA / AÉREA (ms) PARA CADA BRAÇO (DESV. PADRÃO PARA OS 3 CICLOS)

BRAÇO DIREITO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	2	2	72%	0	1	2	3	7
2	2	1	64%	0	1	1	2	4
3	2	1	75%	0	1	2	3	7
4	2	1	58%	0	1	2	2	4

BRAÇO ESQUERDO								
Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	2	1	64%	0	1	2	3	4
2	2	2	90%	0	1	2	3	9
3	2	2	74%	0	1	1	3	7
4	2	1	54%	0	1	1	2	4

Tabela A.14 - TEMPO PARA NADAR 25m (s)

Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	21.38	4.44	21%	15.00	17.13	21.25	24.25	31.25
2	24.07	5.07	21%	16.75	19.75	24.00	27.63	34.25
3	24.15	5.27	22%	16.75	20.25	23.75	27.75	34.25
4	23.90	5.07	21%	16.75	20.00	22.50	27.63	33.75

Tabela A.15 - VELOCIDADE MÉDIA (m/s)

Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	0.61	0.12	20%	0.40	0.52	0.59	0.73	0.83
2	0.54	0.11	21%	0.36	0.45	0.52	0.63	0.75
3	0.54	0.12	21%	0.36	0.45	0.53	0.62	0.75
4	0.55	0.11	20%	0.37	0.45	0.56	0.63	0.75

Tabela A.16 - NÚMERO DE BRAÇADAS

Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	21.16	4.26	20%	13.00	18.00	21.00	23.50	30.00
2	22.52	4.17	19%	15.00	19.50	22.00	25.00	30.00
3	22.90	3.83	17%	15.00	20.00	23.00	26.00	31.00
4	24.06	3.39	14%	16.00	21.00	25.00	26.00	31.00

Tabela A.17 - COMPRIMENTO MÉDIO DA BRAÇADA (m/BR)

Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	1.23	0.25	21%	0.83	1.06	1.19	1.39	1.92
2	1.15	0.22	19%	0.83	1.00	1.14	1.28	1.67
3	1.12	0.20	17%	0.81	0.96	1.09	1.25	1.67
4	1.06	0.17	16%	0.81	0.96	1.00	1.19	1.56

Tabela A.18 - ÍNDICE DE EFICIÊNCIA (m²/s*BR)

Parte	Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1qua	Mediana	3 qua	Máximo
1	0.77	0.28	37%	0.33	0.61	0.70	1.02	1.53
2	0.64	0.24	37%	0.31	0.46	0.59	0.78	1.15
3	0.62	0.22	35%	0.33	0.46	0.58	0.75	1.04
4	0.59	0.18	31%	0.34	0.44	0.57	0.67	0.98

Tabela A.19 - TEMPO PARA NADAR 400M (s)

Média	Desvio Padrão	CV	Mínimo	1 ^{qua}	Mediana	3 ^{qua}	Máximo
374	78	21%	265	311	367	427	531

Tabela A.20 - TEMPO DA FASE AÉREA (ms) PARA CADA BRAÇO (MÉDIA PARA OS 3 CICLOS)

CORRELAÇÃO ENTRE PARTES DA PROVA				
BRAÇO DIREITO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,92	0,91	0,86
parte_02	0,92	1,00	0,95	0,89
parte_03	0,91	0,95	1,00	0,90
parte_04	0,86	0,89	0,90	1,00
BRAÇO ESQUERDO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,85	0,79	0,83
parte_02	0,85	1,00	0,85	0,86
parte_03	0,79	0,85	1,00	0,91
parte_04	0,83	0,86	0,91	1,00

Tabela A.21 - TEMPO FASE AQUÁTICA (ms) PARA CADA BRAÇO (MÉDIA PARA OS 3 CICLOS)

CORRELAÇÃO ENTRE PARTES DA PROVA				
BRAÇO DIREITO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,96	0,87	0,91
parte_02	0,96	1,00	0,91	0,96
parte_03	0,87	0,91	1,00	0,91
parte_04	0,91	0,96	0,91	1,00
BRAÇO ESQUERDO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,95	0,93	0,91
parte_02	0,95	1,00	0,94	0,90
parte_03	0,93	0,94	1,00	0,95
parte_04	0,91	0,90	0,95	1,00

Tabela A.22 - TEMPO TOTAL (ms) PARA CADA BRAÇO (MÉDIA PARA OS 3 CICLOS)

CORRELAÇÃO ENTRE PARTES DA PROVA				
BRAÇO DIREITO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,96	0,90	0,92
parte_02	0,96	1,00	0,93	0,96
parte_03	0,90	0,93	1,00	0,94
parte_04	0,92	0,96	0,94	1,00
BRAÇO ESQUERDO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,94	0,93	0,93
parte_02	0,94	1,00	0,95	0,91
parte_03	0,93	0,95	1,00	0,96
parte_04	0,93	0,91	0,96	1,00

Tabela A.23 - TEMPO DO CICLO (ms) (MÉDIA PARA OS 3 CICLOS)

CORRELAÇÃO ENTRE PARTES DA PROVA				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,95	0,93	0,92
parte_02	0,95	1,00	0,96	0,94
parte_03	0,93	0,96	1,00	0,97
parte_04	0,92	0,94	0,97	1,00

Tabela A.24 - TEMPO DA FASE AÉREA (ms) PARA CADA BRAÇO (DESV. PADRÃO PARA 3 OS CICLOS)

CORRELAÇÃO ENTRE PARTES DA PROVA				
BRAÇO DIREITO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,48	0,45	0,01
parte_02	0,48	1,00	0,72	0,06
parte_03	0,45	0,72	1,00	-0,02
parte_04	0,01	0,06	-0,02	1,00
BRAÇO ESQUERDO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,37	0,20	0,18
parte_02	0,37	1,00	-0,21	0,46
parte_03	0,20	-0,21	1,00	-0,29
parte_04	0,18	0,46	-0,29	1,00

Tabela A.25 - TEMPO DA FASE AQUÁTICA (ms) PARA CADA BRAÇO (DESV. PADRÃO PARA 3 OS CICLOS)

CORRELAÇÃO ENTRE PARTES DA PROVA				
BRAÇO DIREITO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,08	0,00	0,44
parte_02	0,08	1,00	0,03	0,34
parte_03	0,00	0,03	1,00	0,12
parte_04	0,44	0,34	0,12	1,00
BRAÇO ESQUERDO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	-0,09	0,40	0,05
parte_02	-0,09	1,00	0,10	0,35
parte_03	0,40	0,10	1,00	0,35
parte_04	0,05	0,35	0,35	1,00

Tabela A.26 - TEMPO TOTAL (ms) PARA CADA BRAÇO (DESV. PADRÃO PARA 3 OS CICLOS)

CORRELAÇÃO ENTRE PARTES DA PROVA				
BRAÇO DIREITO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,07	-0,01	0,34
parte_02	0,07	1,00	-0,08	-0,03
parte_03	-0,01	-0,08	1,00	0,28
parte_04	0,34	-0,03	0,28	1,00
BRAÇO ESQUERDO				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	-0,15	0,10	0,12
parte_02	-0,15	1,00	-0,05	0,32
parte_03	0,10	-0,05	1,00	0,43
parte_04	0,12	0,32	0,43	1,00

Tabela A.27 - TEMPO DO CICLO (ms) (DESV. PADRÃO PARA 3 OS CICLOS)

CORRELAÇÃO ENTRE PARTES DA PROVA				
	parte_01	parte_02	parte_03	parte_04
parte_01	1,00	0,02	-0,20	0,16
parte_02	0,02	1,00	-0,10	0,27
parte_03	-0,20	-0,10	1,00	0,07
parte_04	0,16	0,27	0,07	1,00

APÊNDICE B: FIGURAS - ANÁLISE DESCRITIVA

Figura B.1 - Tratamento dos dados

BANCO ORIGINAL								
N	parte	ciclo	FaedirT	FaqdirT	Ttoldir	Traedir	Traqdir	...
1	1ª parte	1	183	617	800	23	77	...
1	1ª parte	2	183	650	833	22	78	...
1	1ª parte	3	167	667	834	20	80	...
1	2ª parte	1	183	700	883	21	79	...
1	2ª parte	2	167	683	850	20	80	...
1	2ª parte	3	167	700	867	19	81	...
1	3ª parte	1	166	734	900	18	82	...
1	3ª parte	2	166	717	883	19	81	...
1	3ª parte	3	167	733	900	19	81	...
1	4ª parte	1	167	700	867	19	81	...
1	4ª parte	2	167	700	867	19	81	...
1	4ª parte	3	183	700	883	21	79	...

BANCO TRABALHADO								
N	parte	FaedirT		FaqdirT		Ttoldir		...
		média	desvpad	média	desvpad	média	desvpad	...
1	1ª parte	178	9	645	25	822	19	...
1	2ª parte	172	9	694	10	867	17	...
1	3ª parte	166	1	728	10	894	0	...
1	4ª parte	172	9	700	0	872	1	...

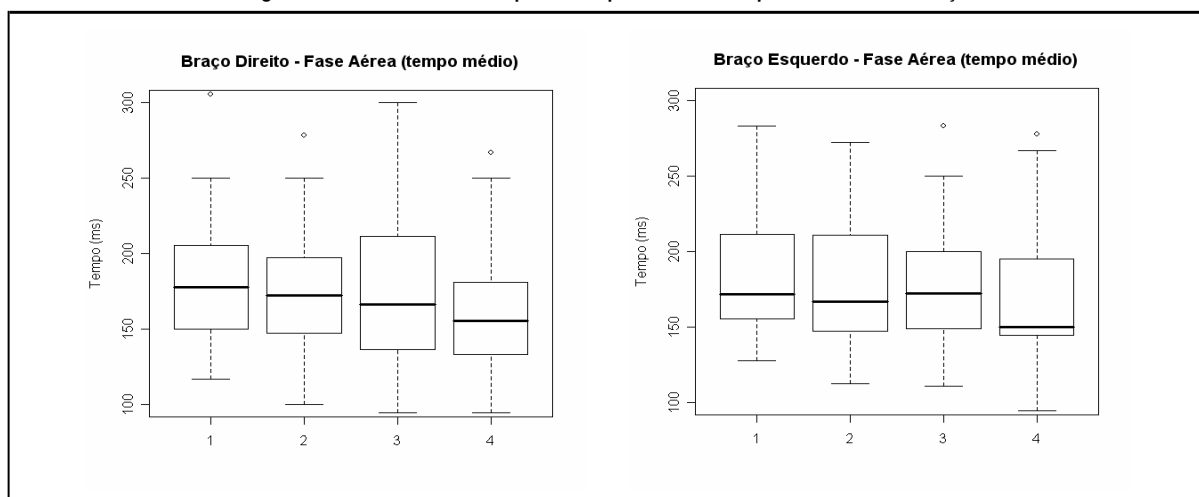
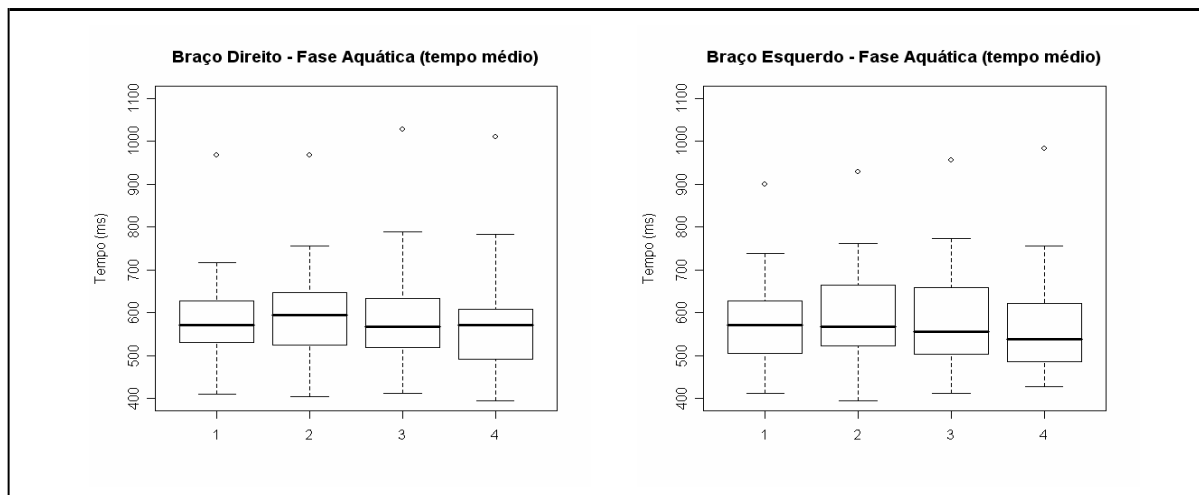
Figura B.2 - Gráficos *Box-Plot* para o tempo da fase aérea para cada um dos braçosFigura B.3 - Gráficos *Box-Plot* para o tempo da fase aquática para cada um dos braços

Figura B.4 - Gráficos *Box-Plot* para o desvio padrão do tempo da fase aérea para cada um dos braços

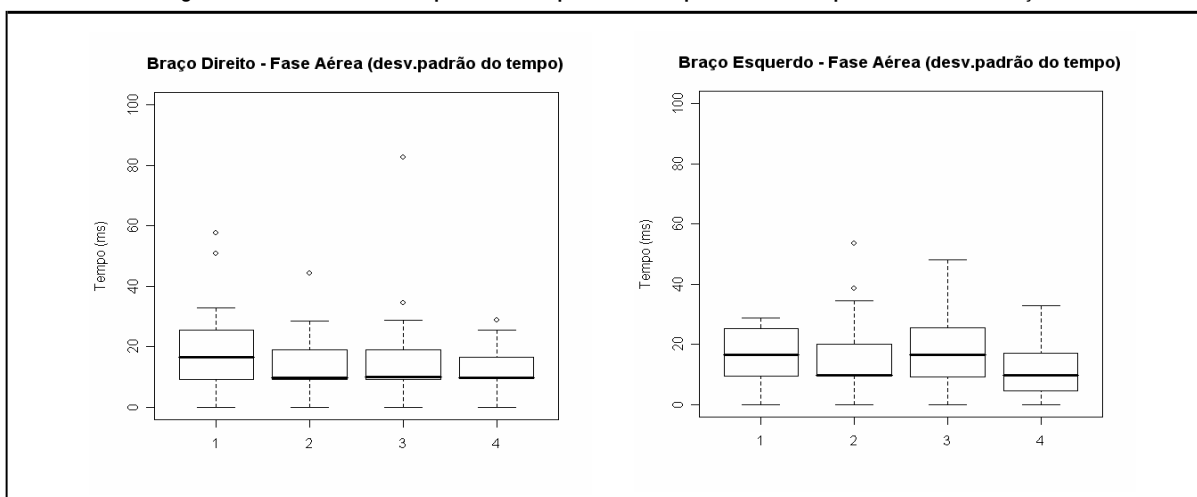


Figura B.5 - Gráficos *Box-Plot* para o desvio padrão do tempo da fase aquática para cada um dos braços

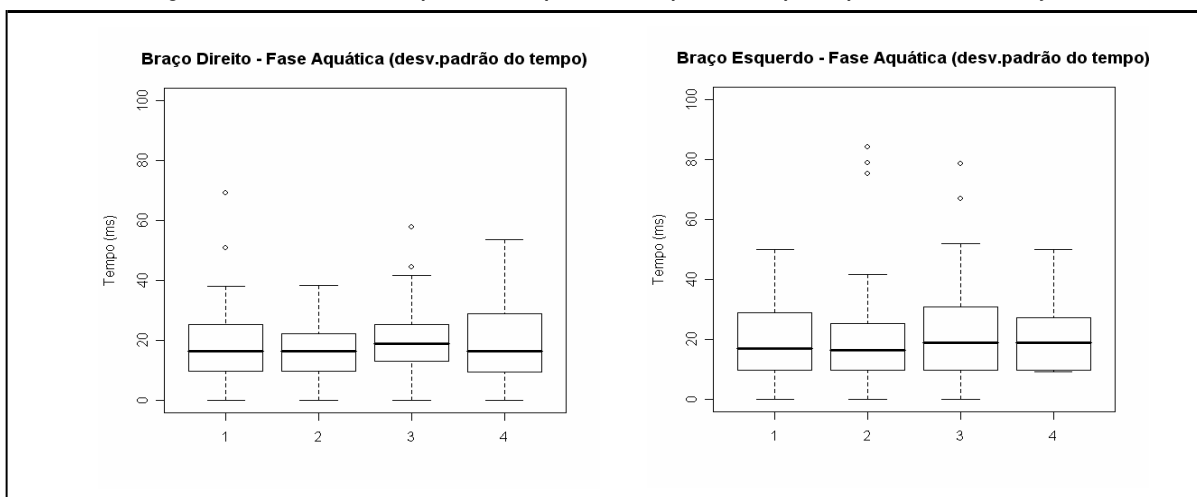


Figura B.6 - Gráficos de perfis de médias individuais para o tempo da fase aérea para cada um dos braços

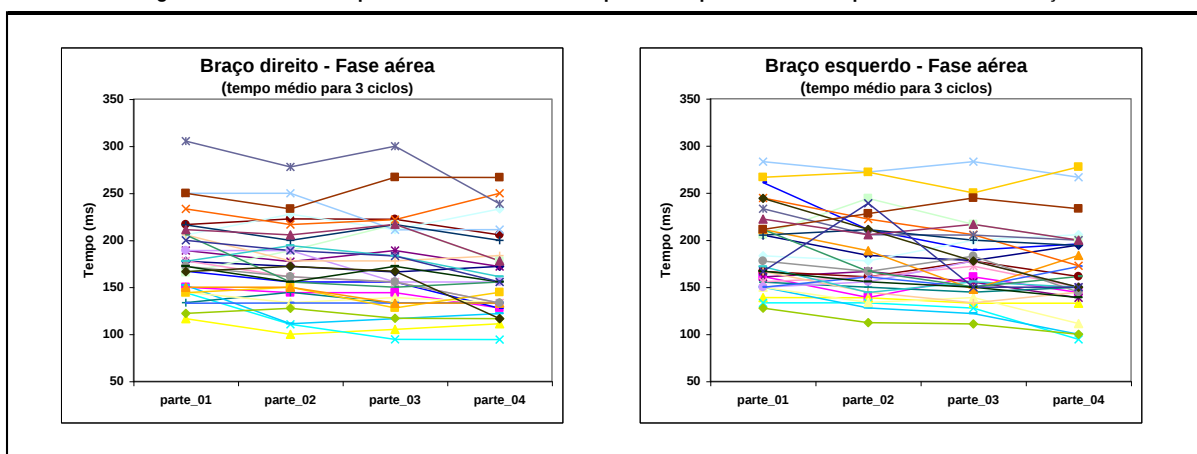


Figura B.7 - Gráficos de perfis de médias invidiuais para o tempo da fase aquática para cada um dos braços

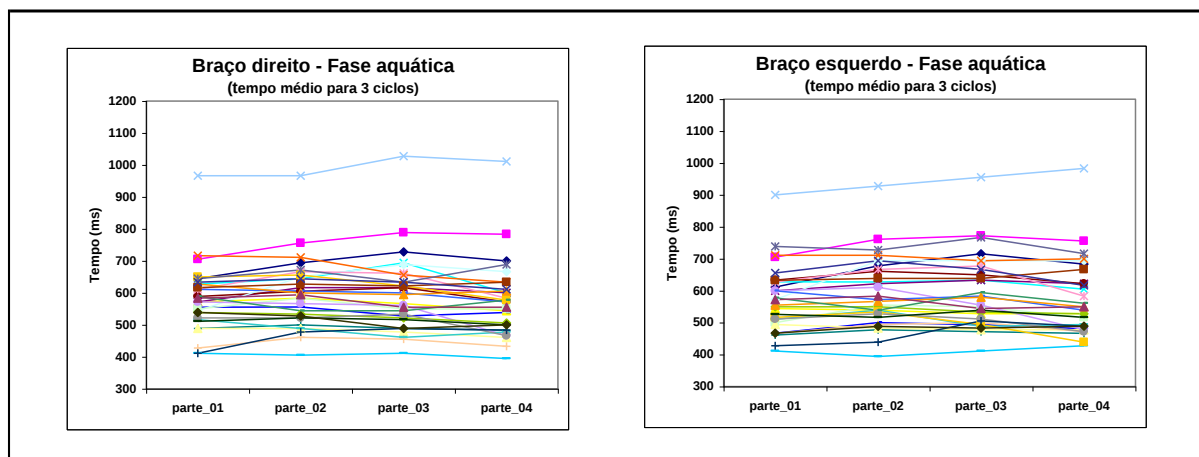


Figura B.8 - Gráficos de perfis de médias invidiuais para o desvio padrão do tempo da fase aérea para cada um dos braços

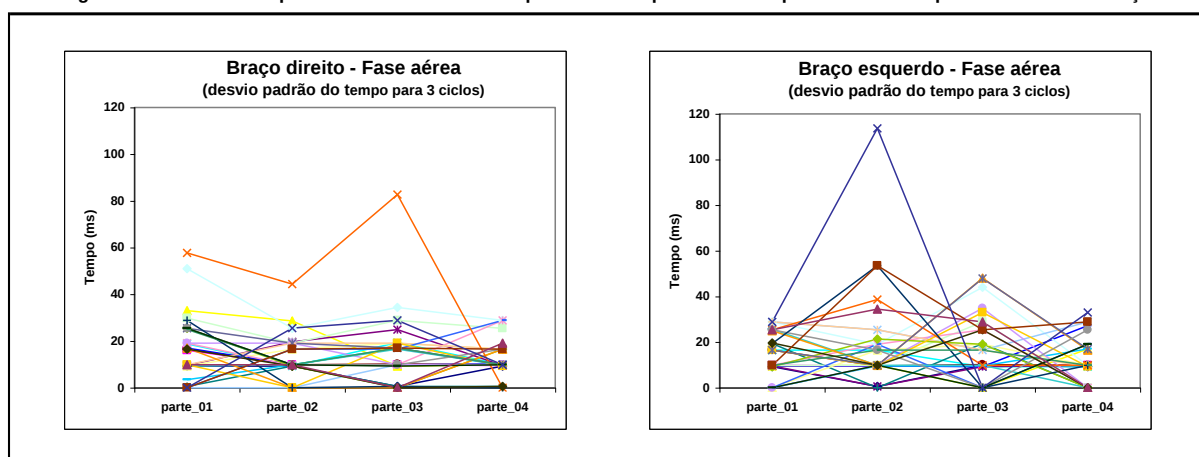


Figura B.9 - Gráficos de perfis de médias invidiuais para o desvio padrão do tempo da fase aquática para cada um dos braços

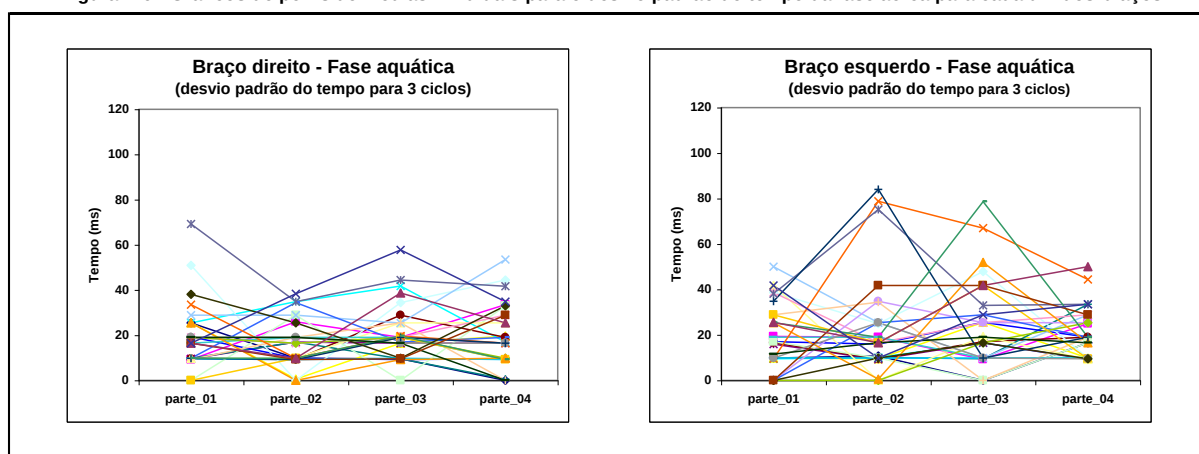


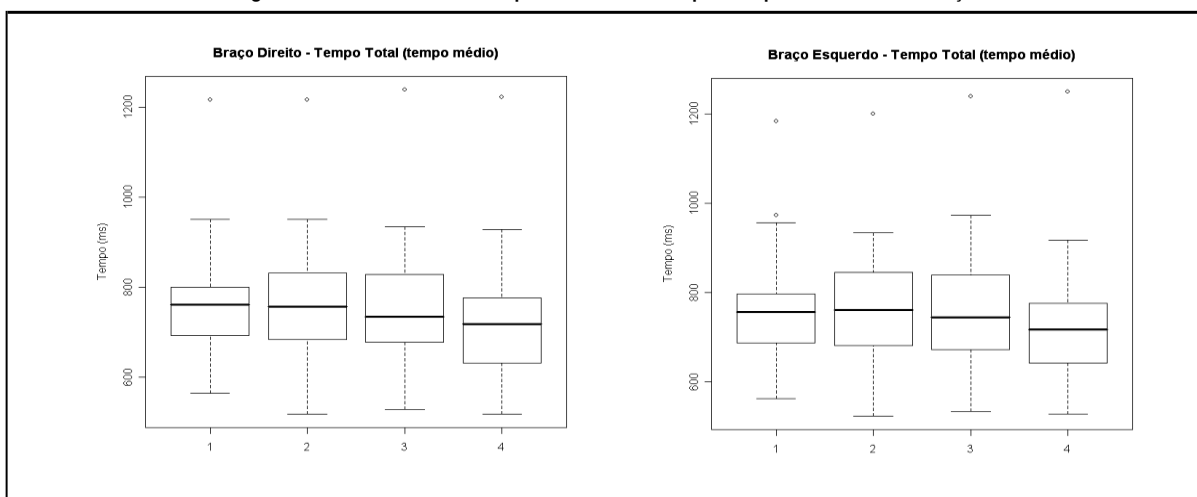
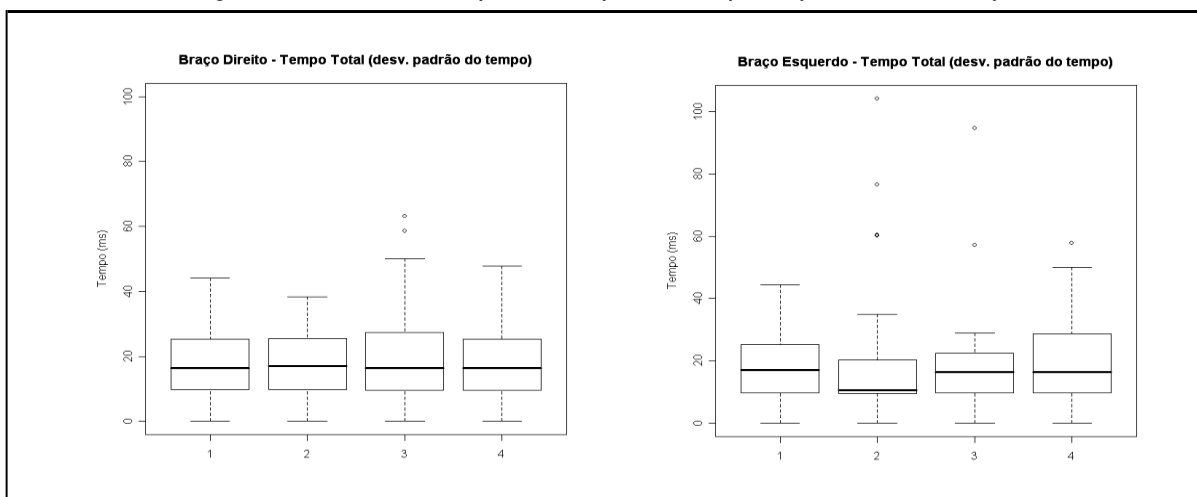
Figura B.10 - Gráficos *Box-Plot* para a média do tempo total para cada um dos braçosFigura B.11 - Gráficos *Box-Plot* para o desvio padrão do tempo total para cada um dos braços

Figura B.12 - Gráficos de perfis de médias individuais para o tempo total para cada um dos braços

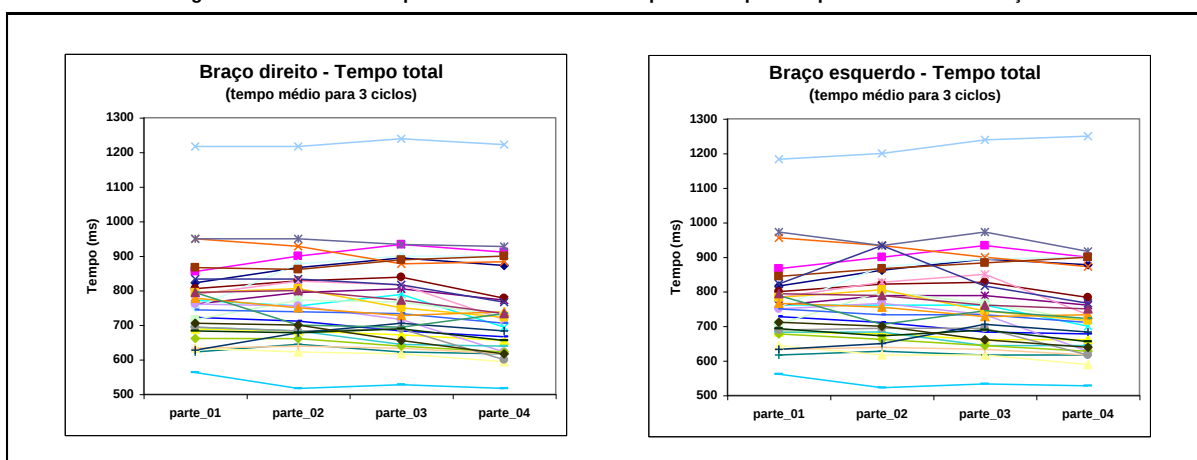


Figura B.13 - Gráficos de perfis de médias individuais para o desvio padrão do tempo total para cada um dos braços

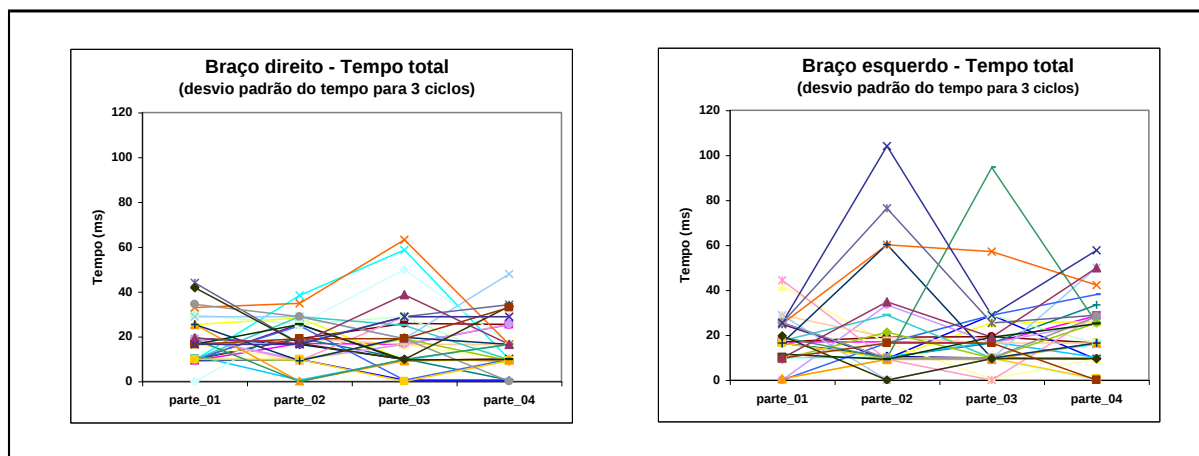


Figura B.14 - Gráficos Box-Plot para o tempo do ciclo

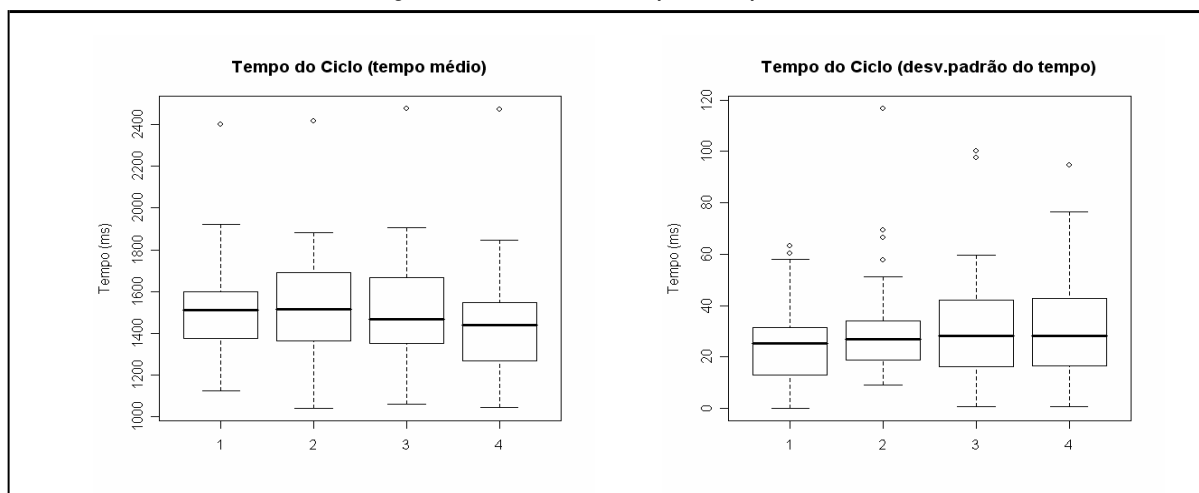


Figura B.15 - Gráficos de perfis de médias individuais para o tempo do ciclo e o desvio padrão do tempo do ciclo

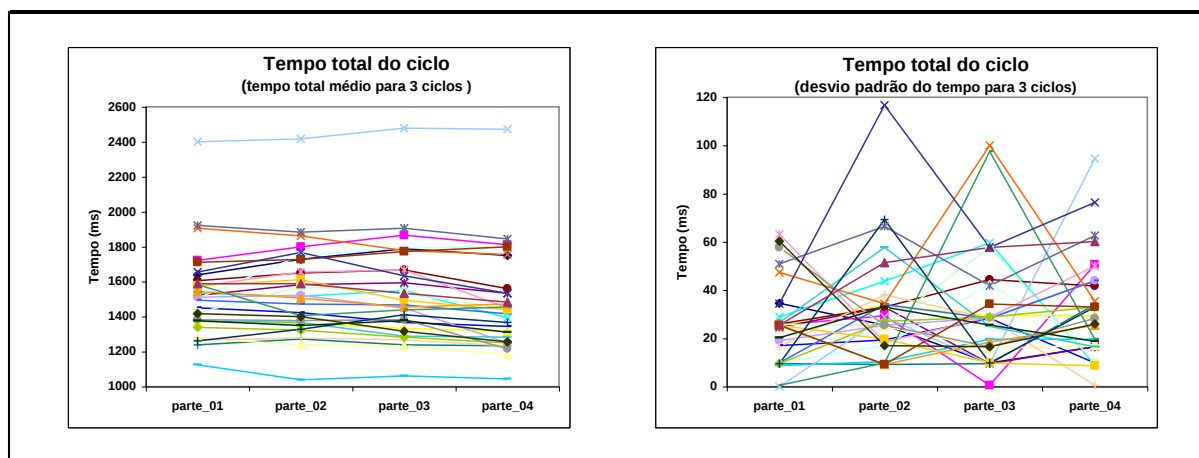


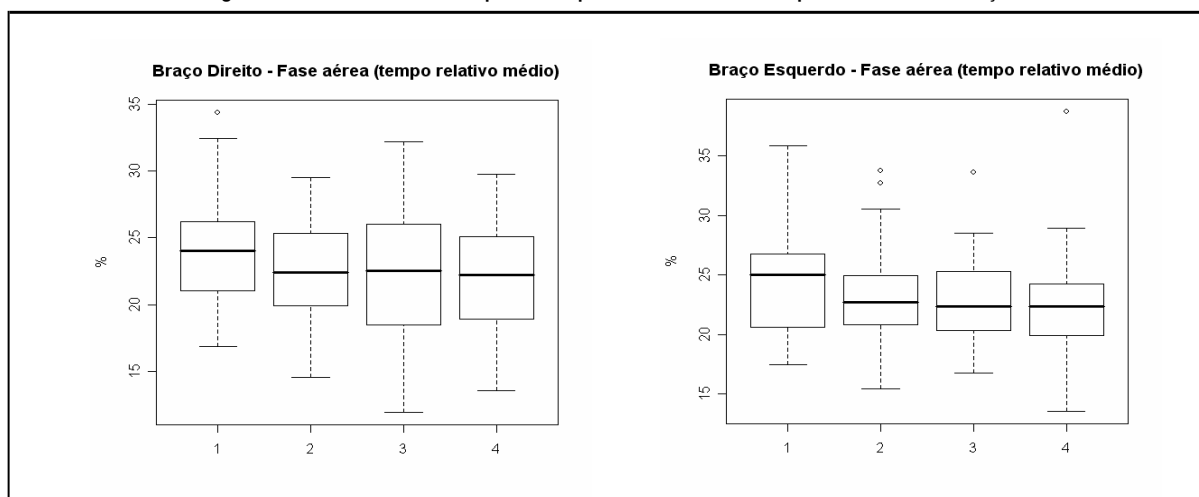
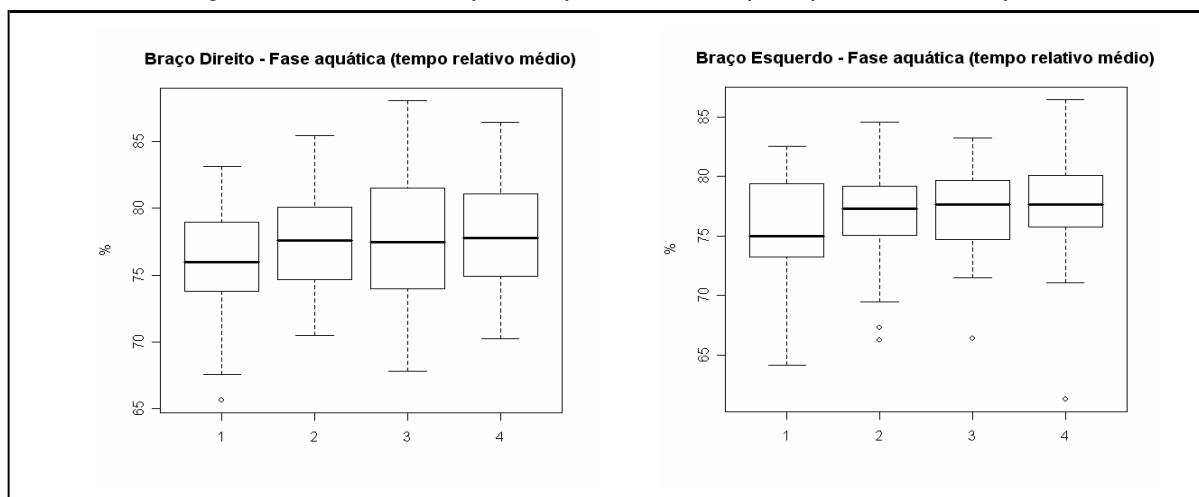
Figura B.16 - Gráficos *Box-Plot* para o tempo relativo da fase aérea para cada um dos braçosFigura B.17 - Gráficos *Box-Plot* para o tempo relativo da fase aquática para cada um dos braços

Figura B.18 - Gráficos Box-Plot para o desvio padrão tempo relativo da fase aérea / aquática para cada um dos braços

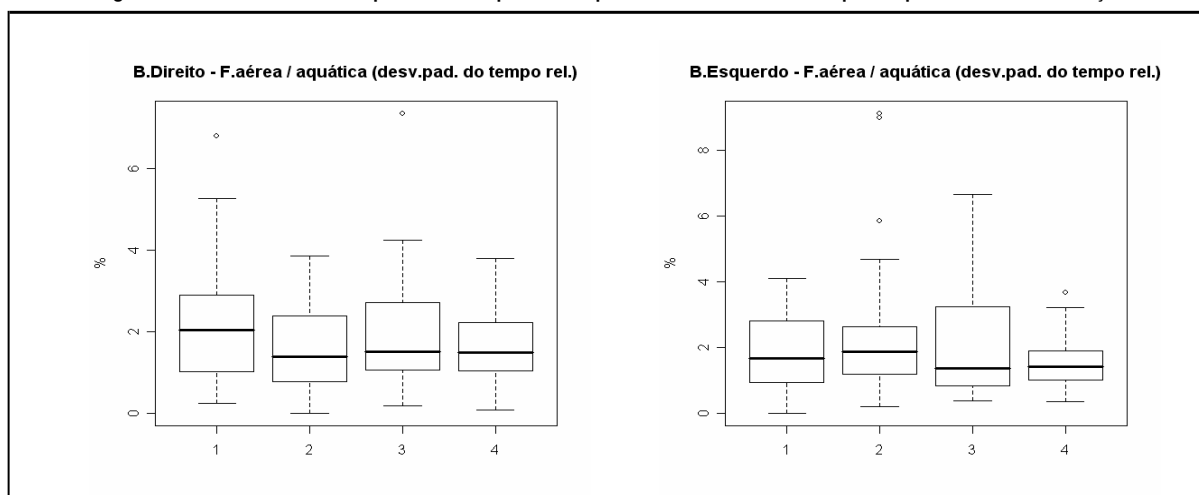


Figura B.19 - Gráficos de perfis de médias individuais para o tempo relativo da fase aérea para cada um dos braços

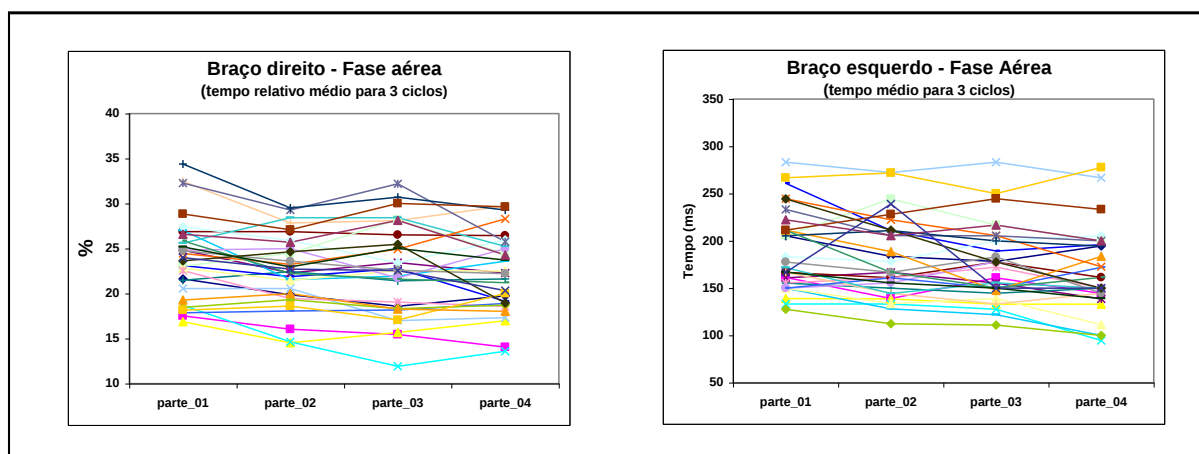


Figura B.20 - Gráficos de perfis de médias individuais para o tempo relativo da fase aquática para cada um dos braços

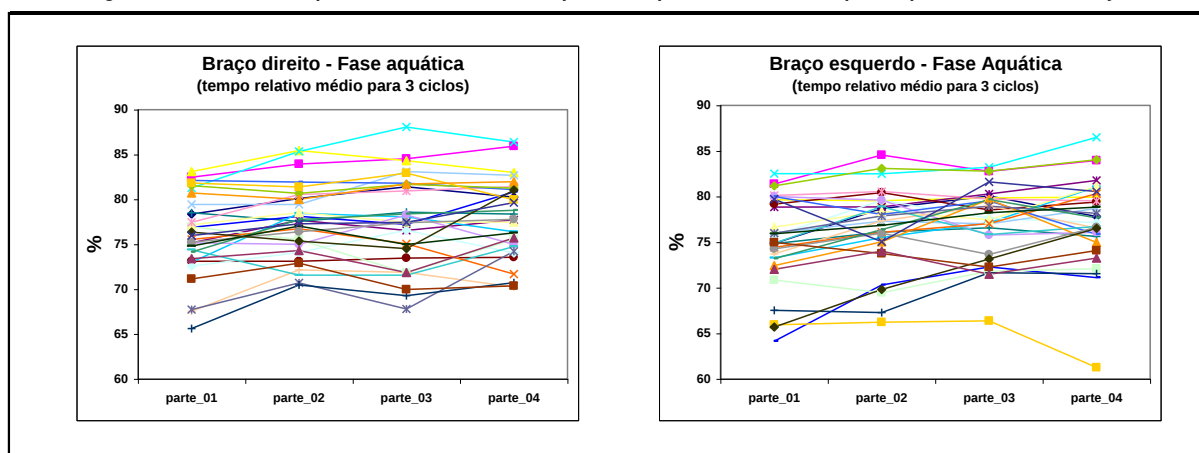


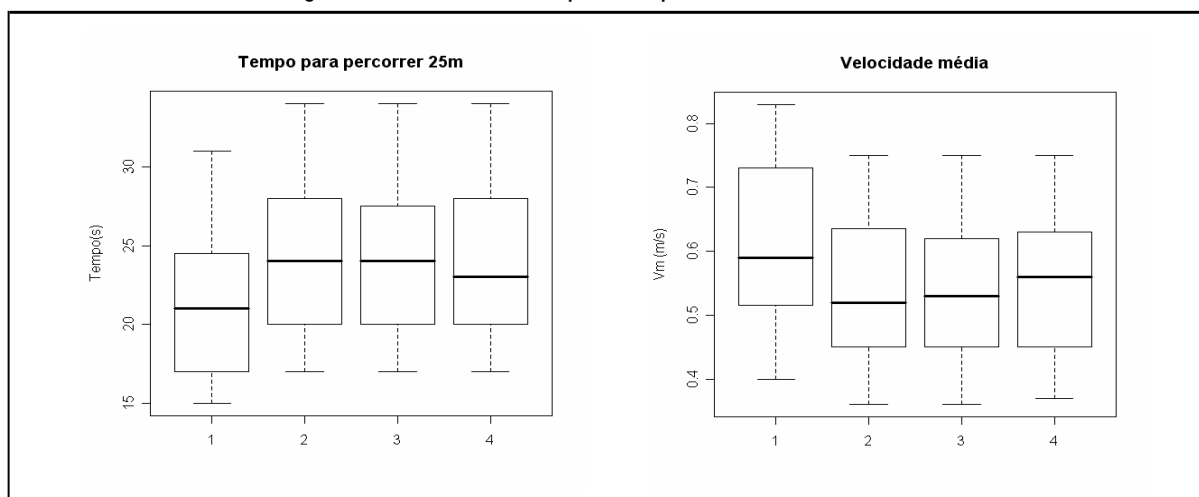
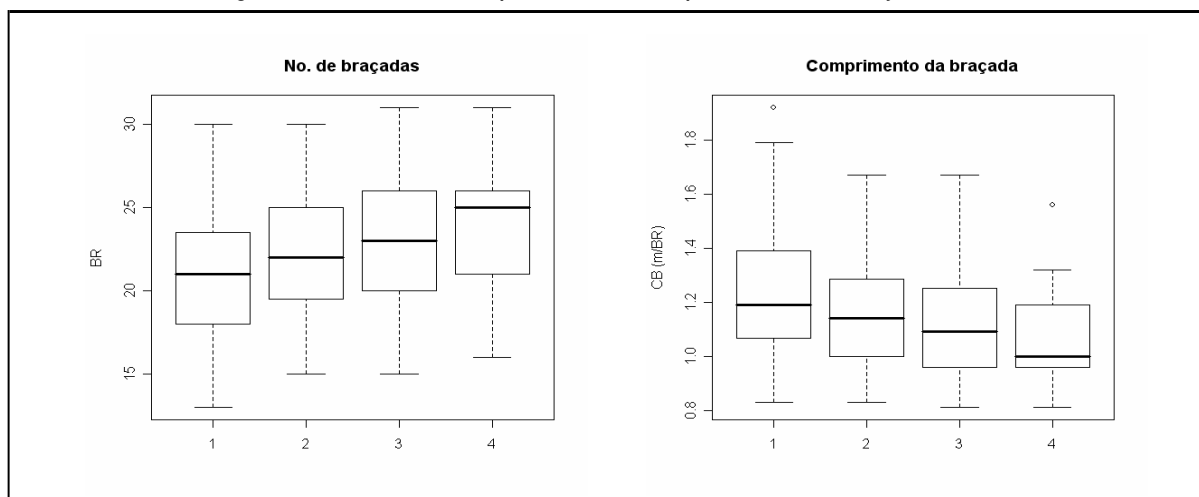
Figura B.21 - Gráficos *Box-Plot* para o tempo e velocidade média em 25 mFigura B.22 - Gráficos *Box-Plot* para o número e comprimento médio da braçada em 25 m

Figura B.23 - Gráficos *Box-Plot* para o índice de eficiência em 25 m e o tempo total para percorrer 400m

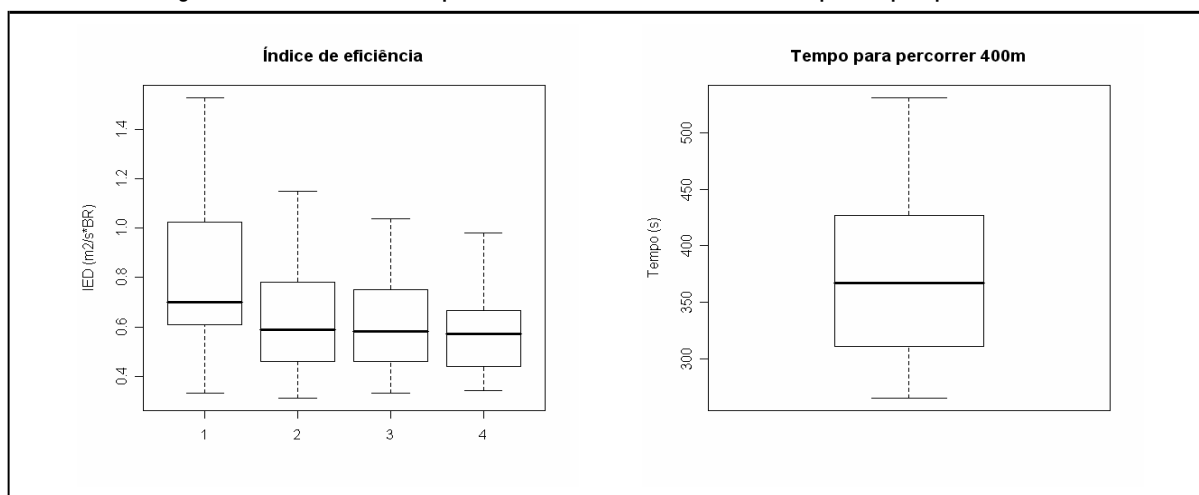


Figura B.24- Gráficos de perfis de médias individuais para o tempo e a velocidade média em 25m

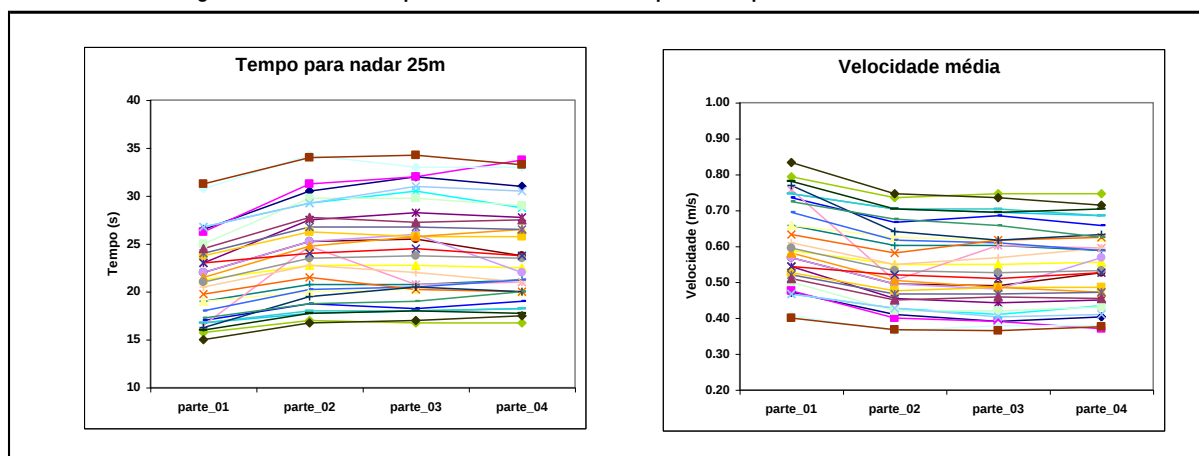


Figura B.25- Gráficos de perfis de médias individuais para o número e comprimento médio da braçada em 25m

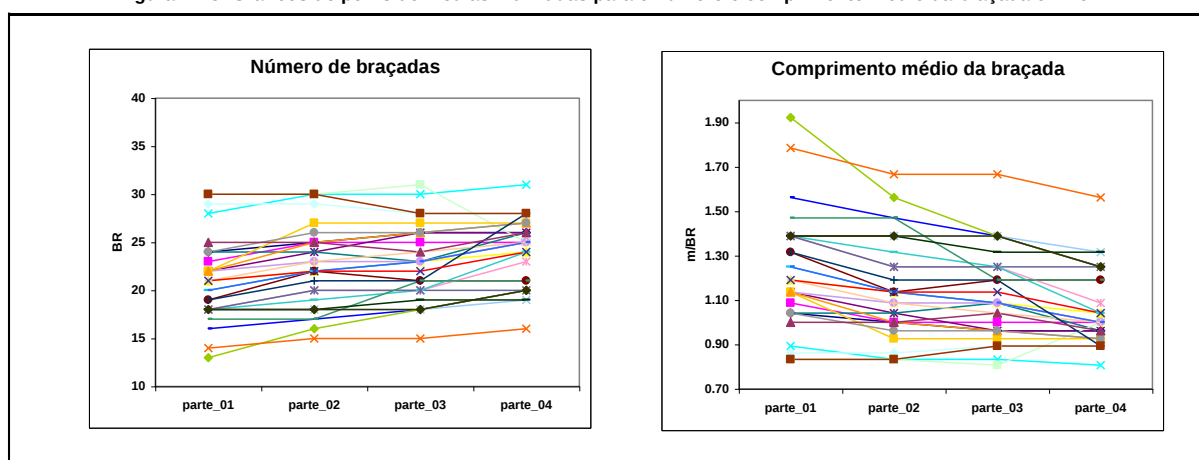


Figura B.26- Gráfico de perfis de médias individuais para o índice de eficiência

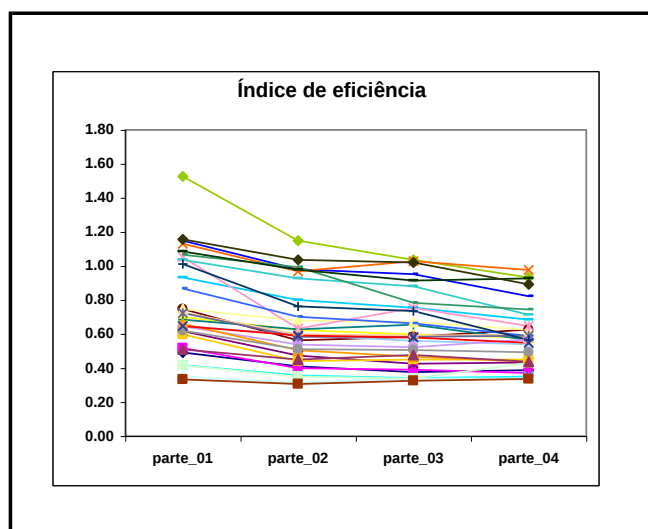


Figura B.27- Gráficos de dispersão para o tempo da fase aérea segundo o sexo e a idade para os dois braços

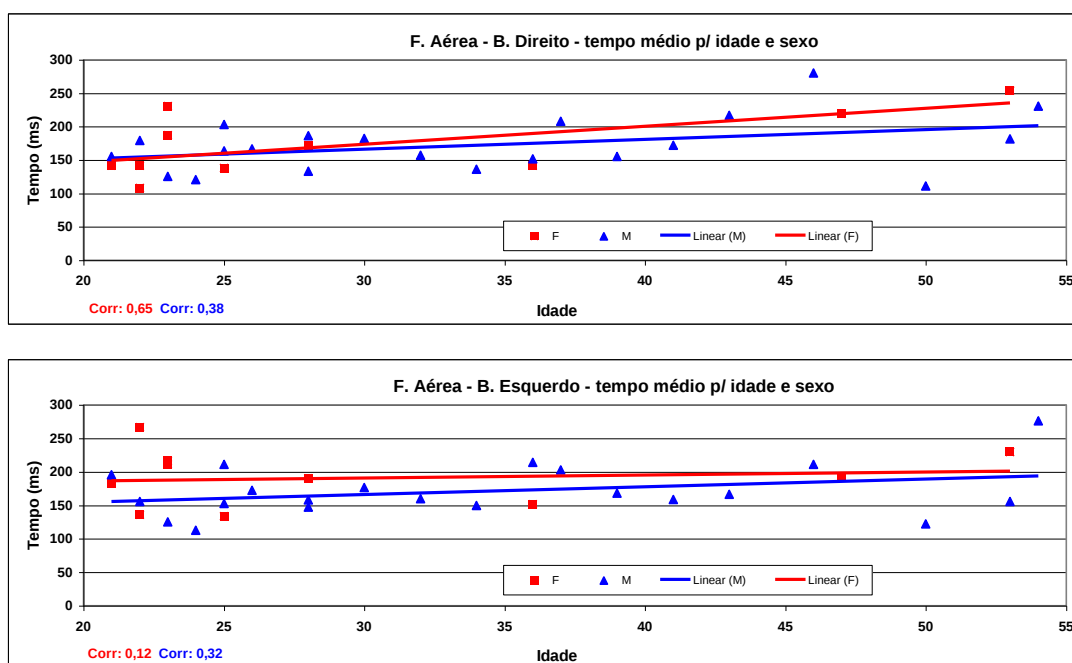


Figura B.28- Gráficos de dispersão para o tempo da fase aquática segundo o sexo e a idade para os dois braços

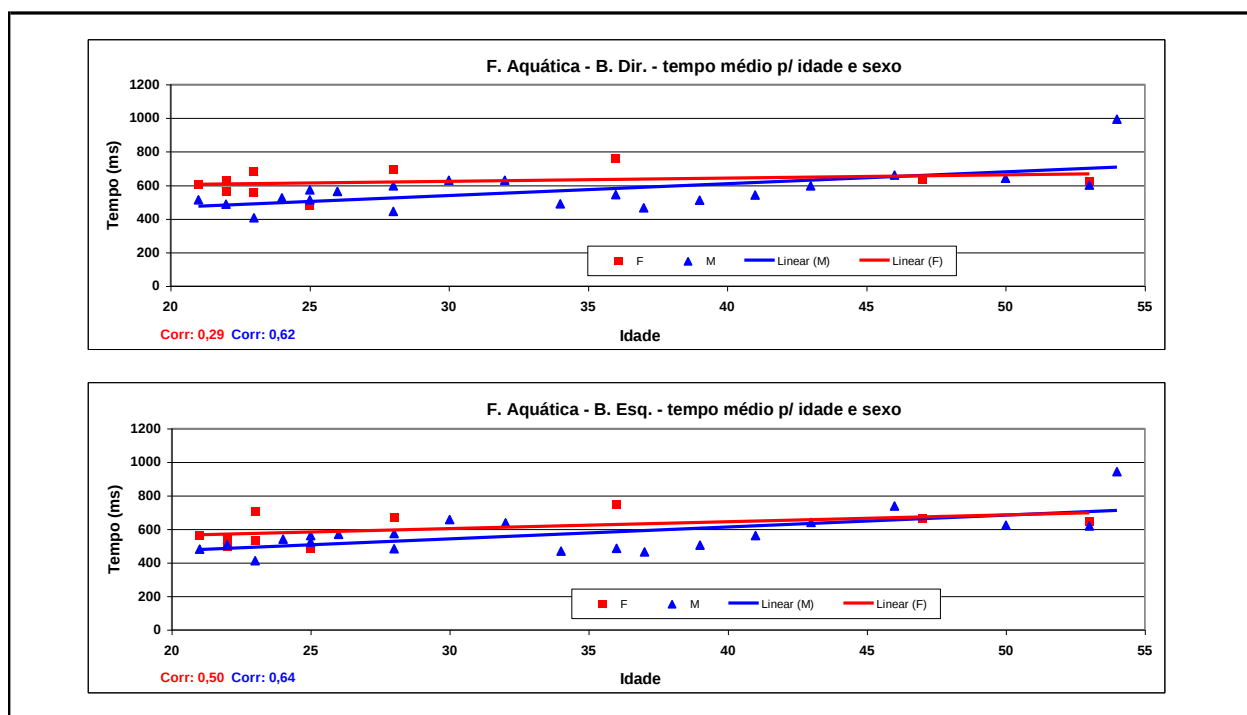


Figura B.29- Gráficos de dispersão para o tempo total segundo o sexo e a idade para os dois braços

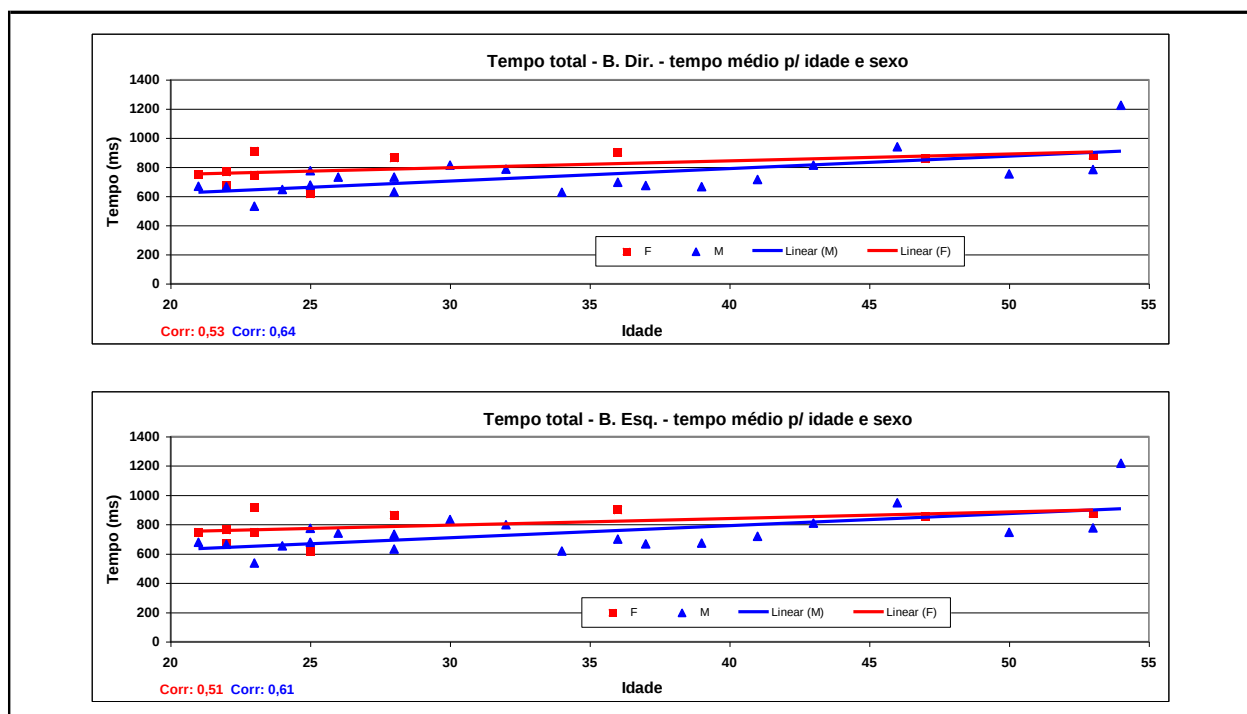


Figura B.30- Gráfico de dispersão para o tempo do ciclo segundo o sexo e a idade para os dois braços

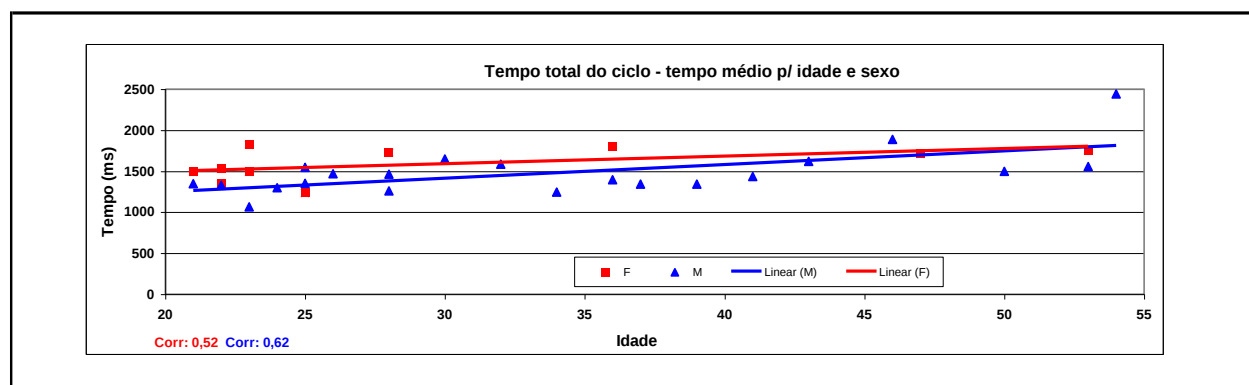


Figura B.31- Gráficos de dispersão para o tempo relativo da fase aérea segundo o sexo e a idade para os dois braços

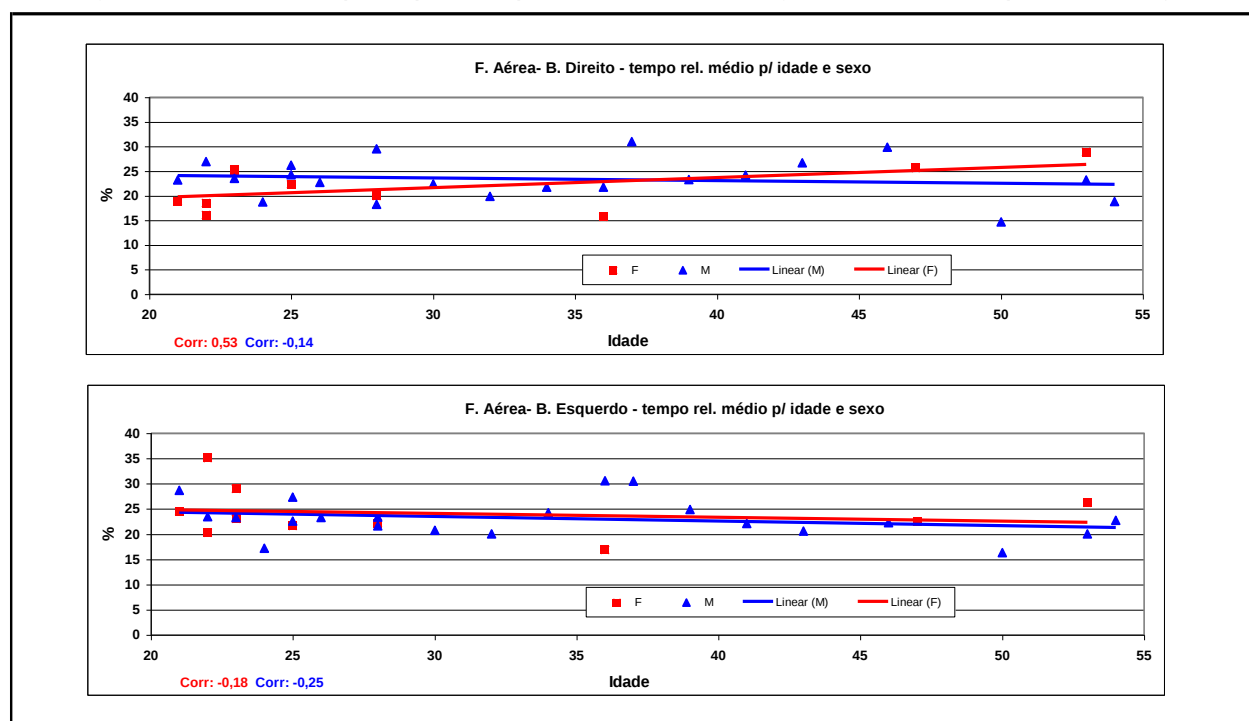


Figura B.32- Gráficos de dispersão para o tempo relativo da fase aquática segundo o sexo e a idade para os dois braços

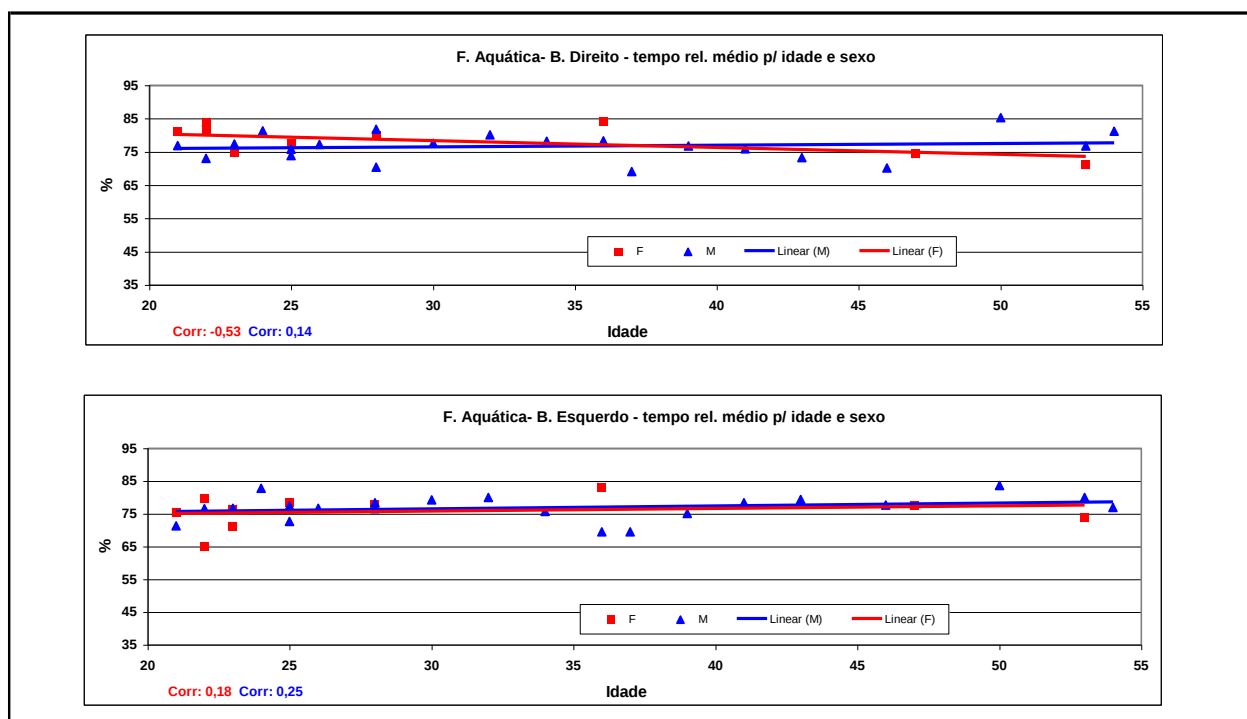


Figura B.33- Gráficos de dispersão para o tempo e a velocidade média em 25m segundo o sexo e a idade

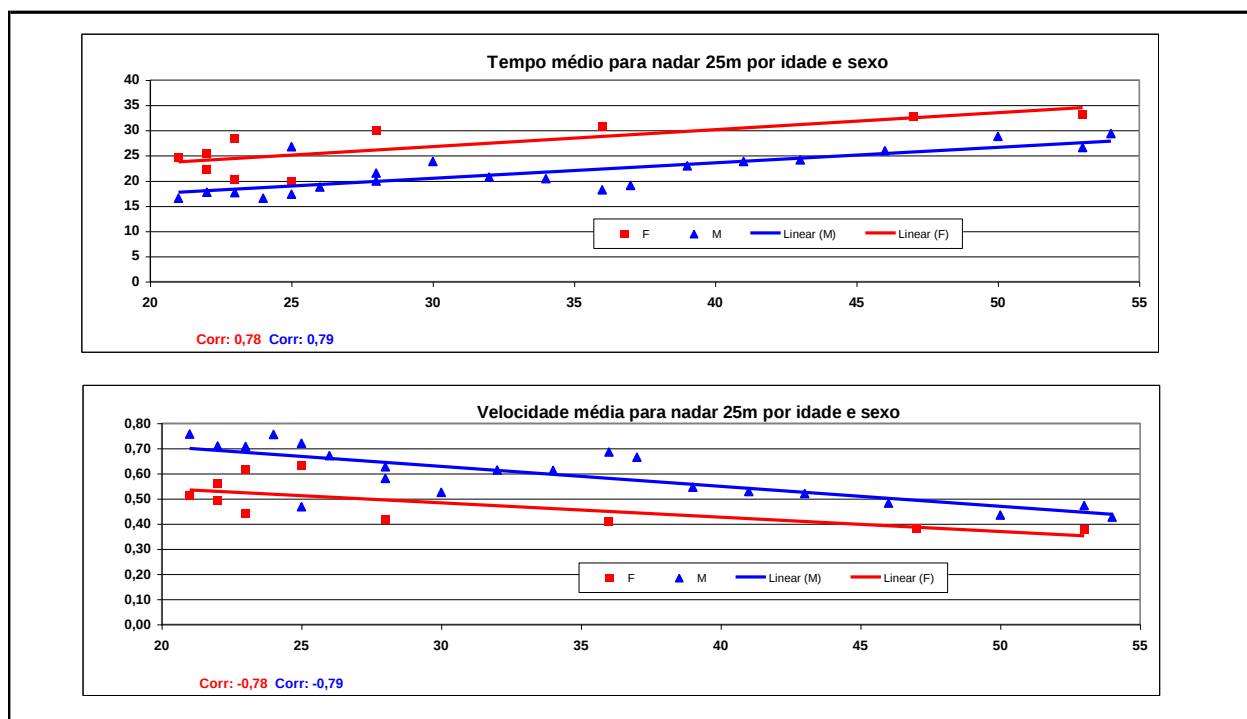


Figura B.34 - Gráficos de dispersão para o número e o comprimento médio da braçada em 25m segundo o sexo e a idade

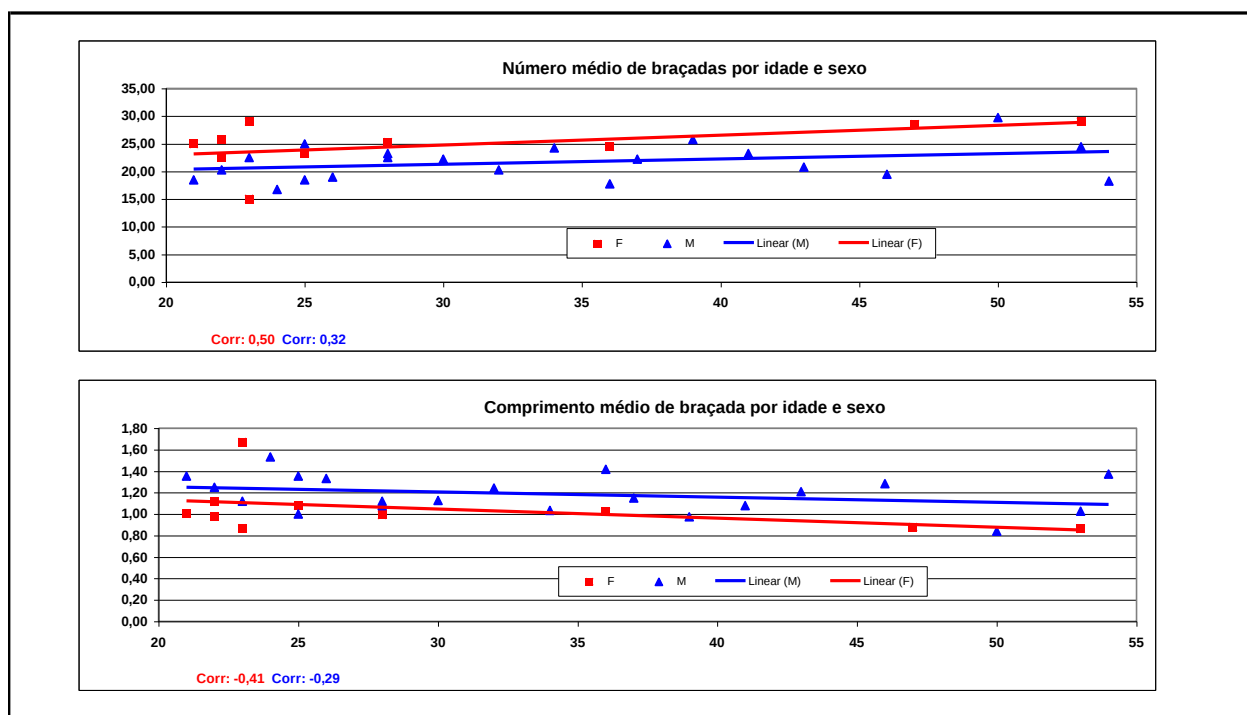


Figura B.35 - Gráficos de dispersão para o índice de eficiência e o tempo para percorrer 400m segundo sexo e a idade

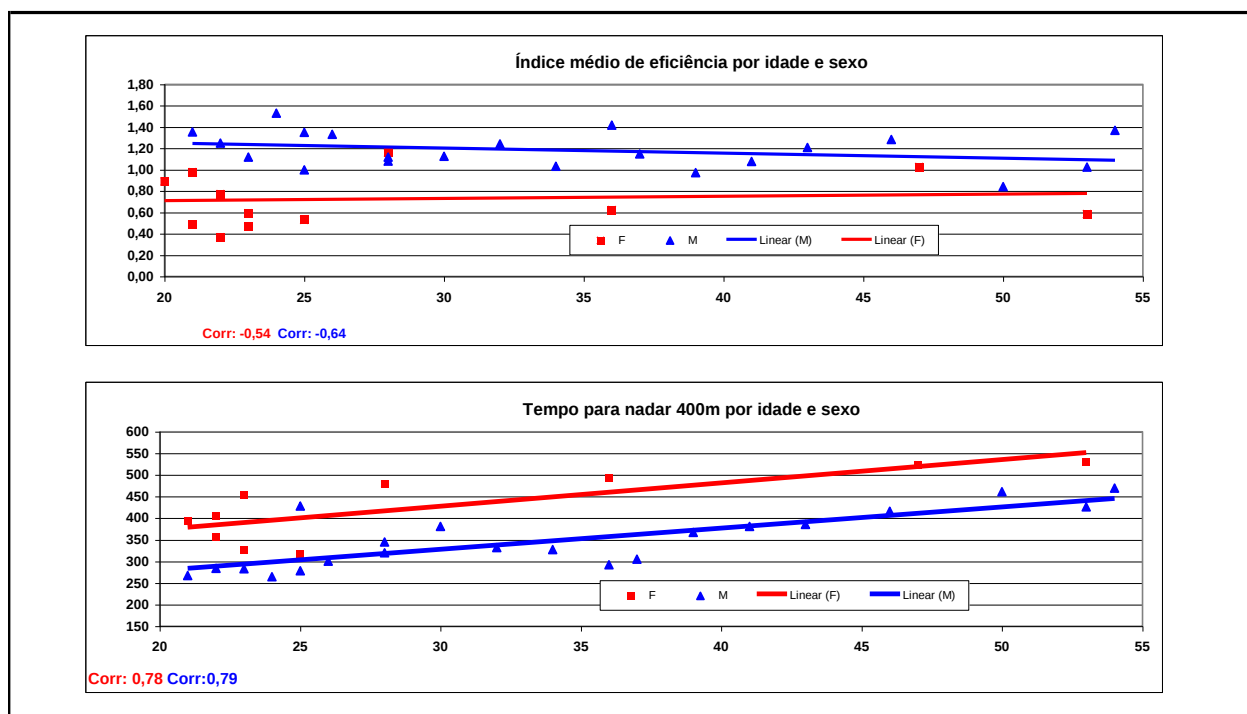


Figura B.36 - Gráfico Circular (I) para todos os ciclos de cada nadador

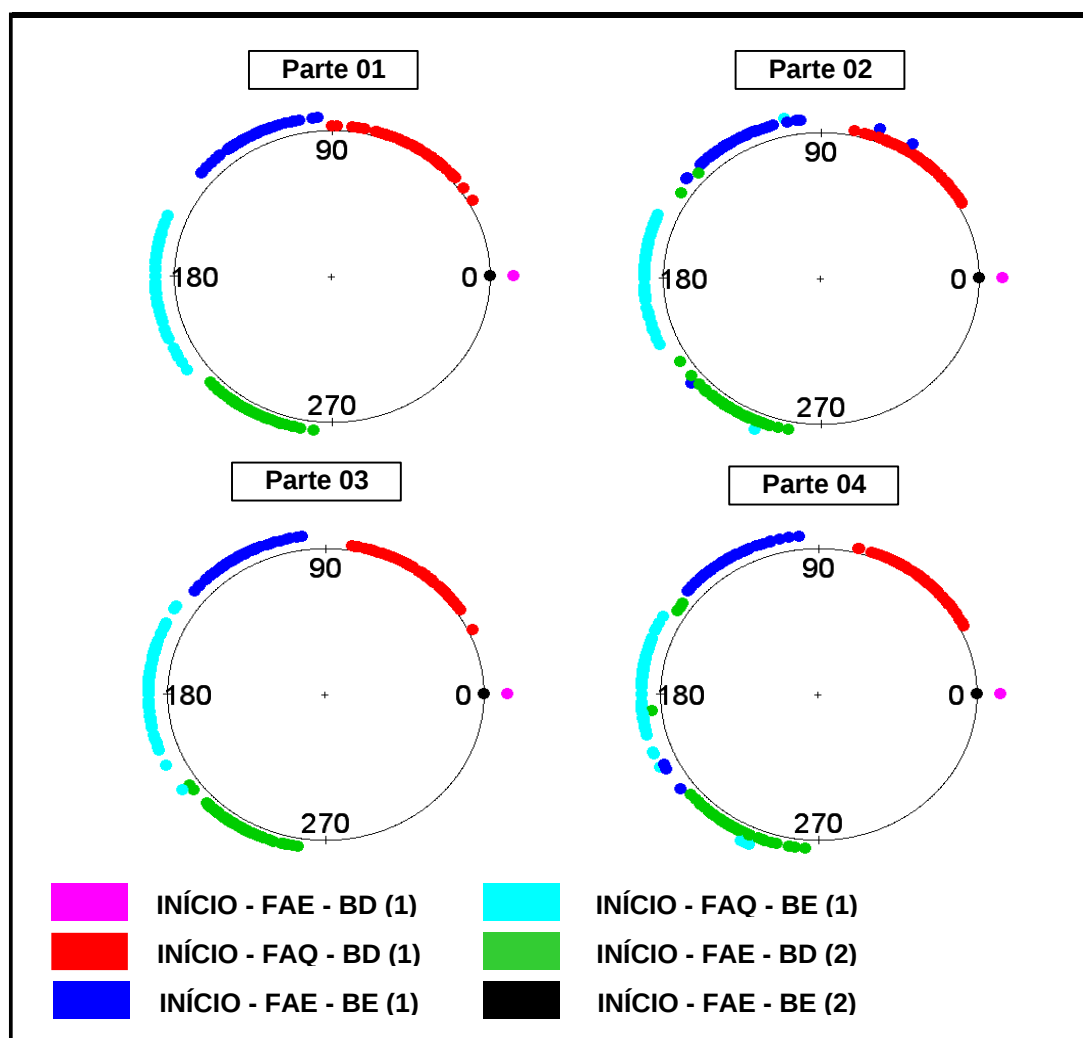


Figura B.37 - Gráfico Circular (II) para todos os ciclos de cada nadador

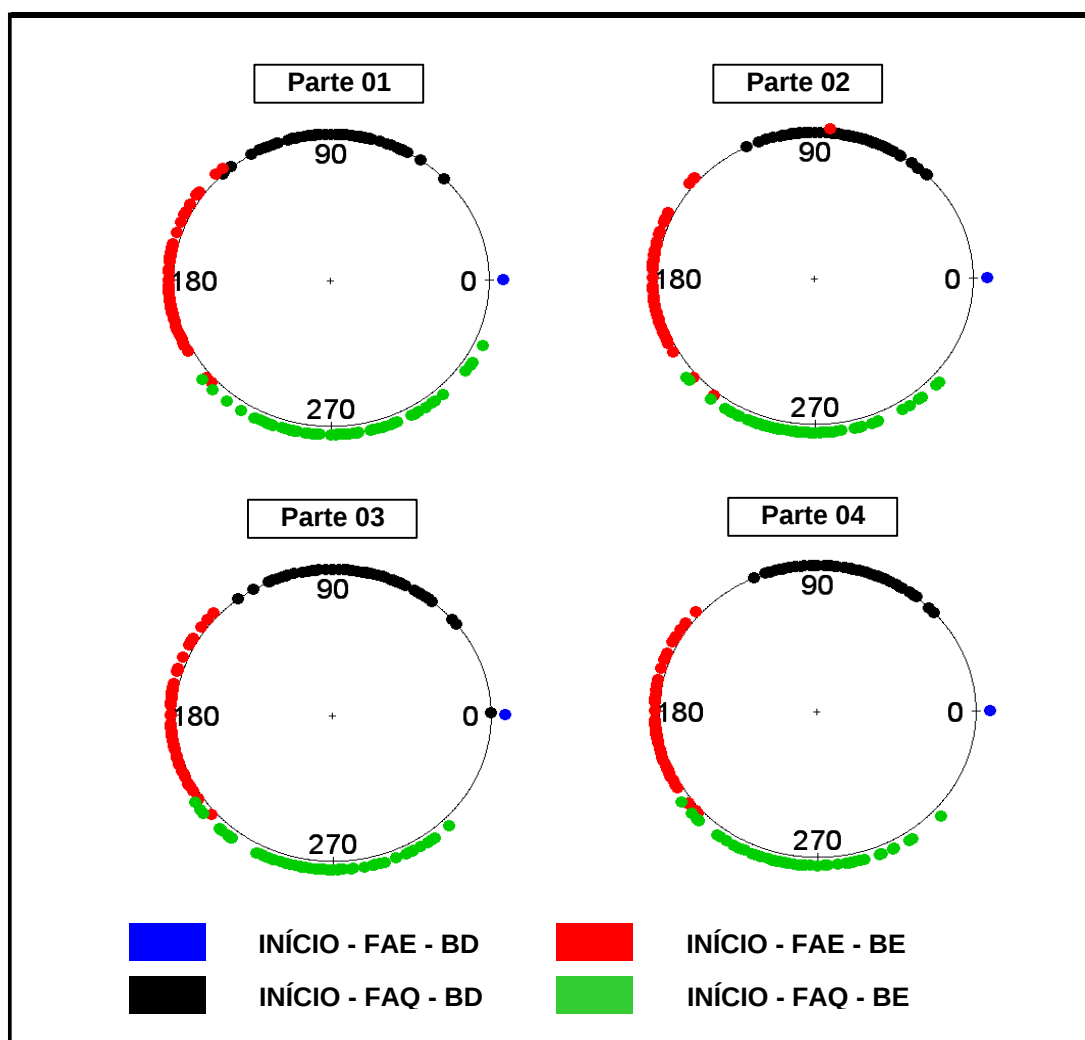


Figura B.38 - Gráfico Circular (I) de média angular para cada nadador

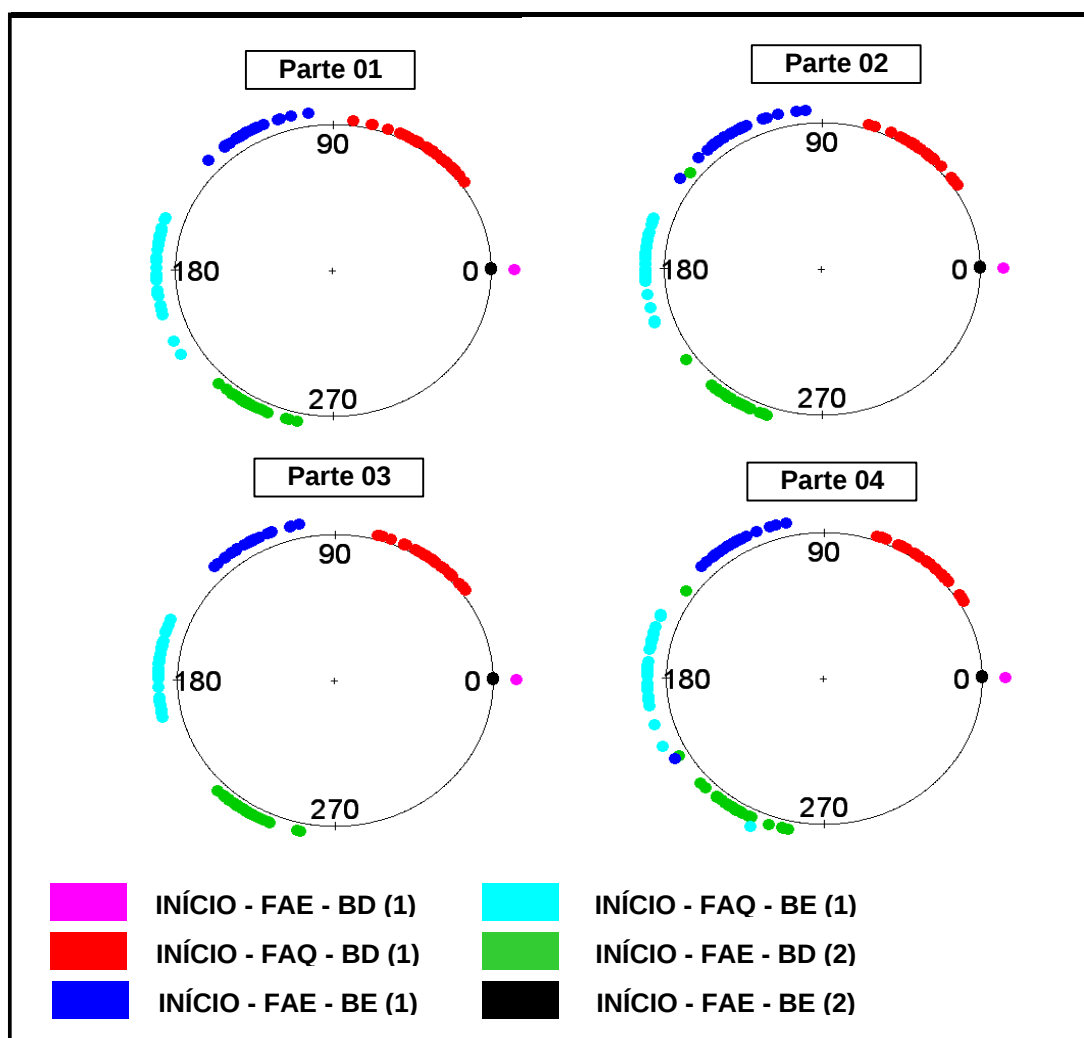


Figura B.39 - Gráfico Circular (II) de média angular para cada nadador

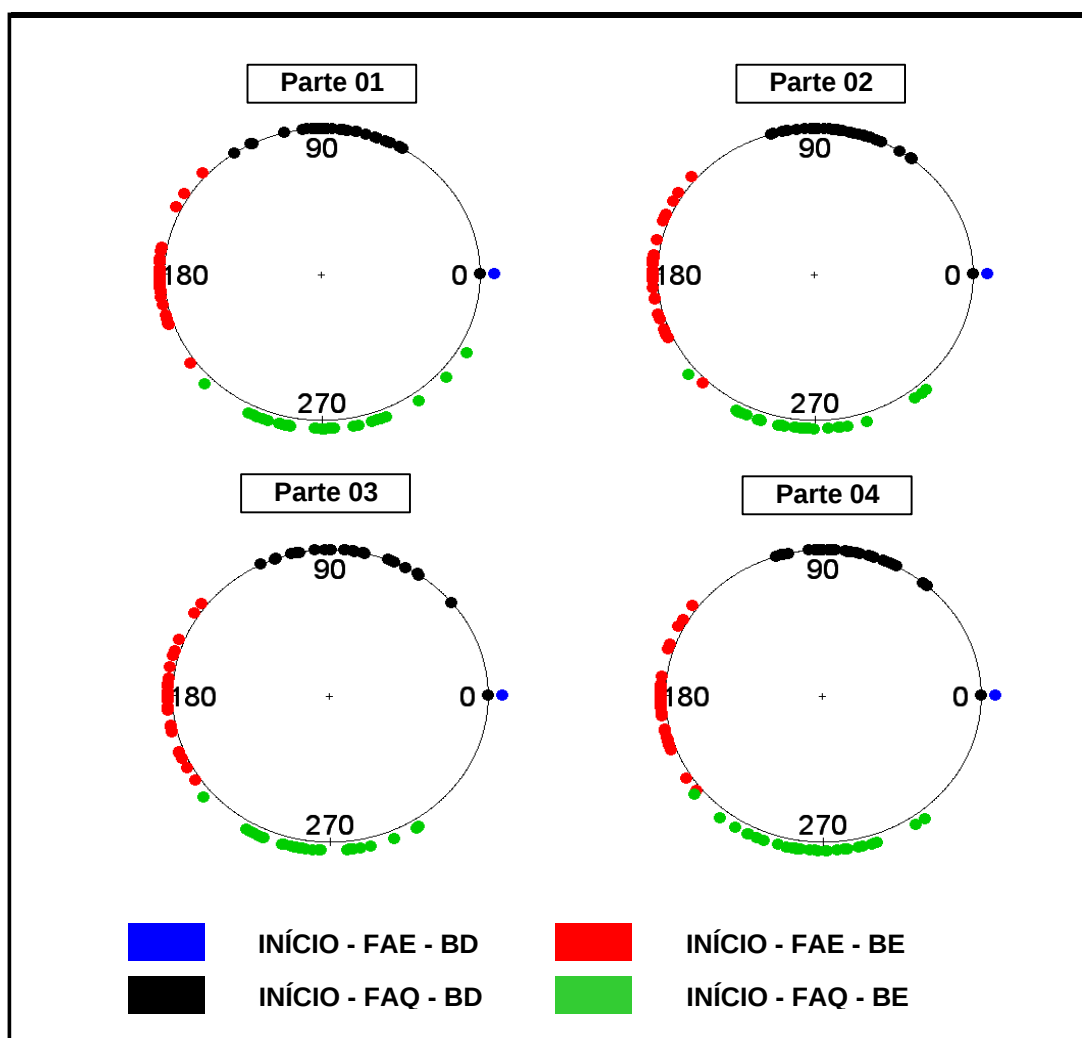


Figura B.40 - Gráfico Circular (I) de média angular para parte da prova

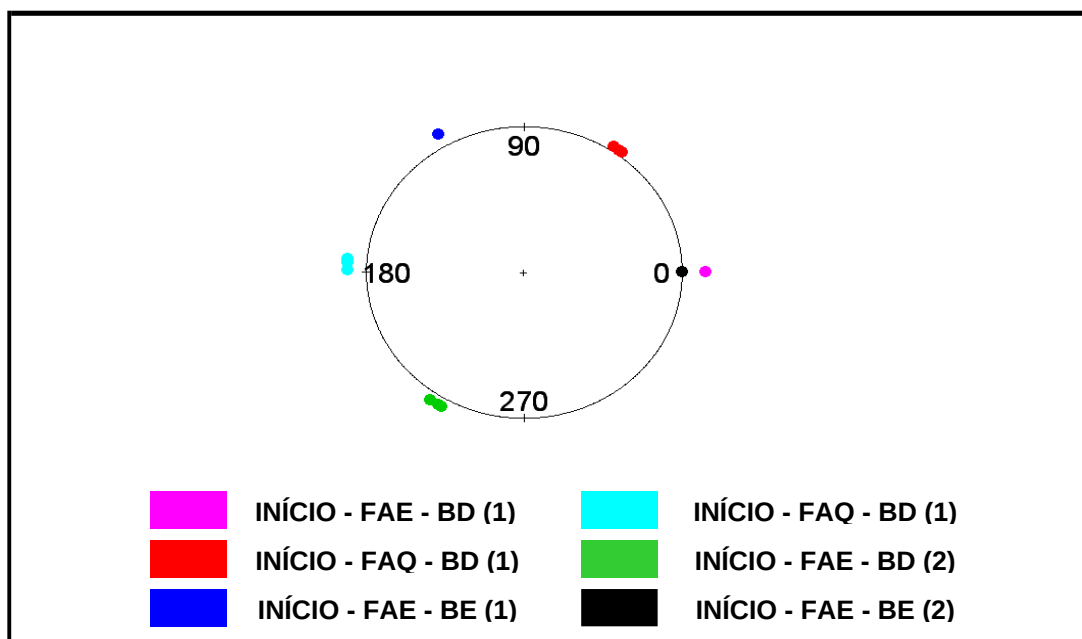
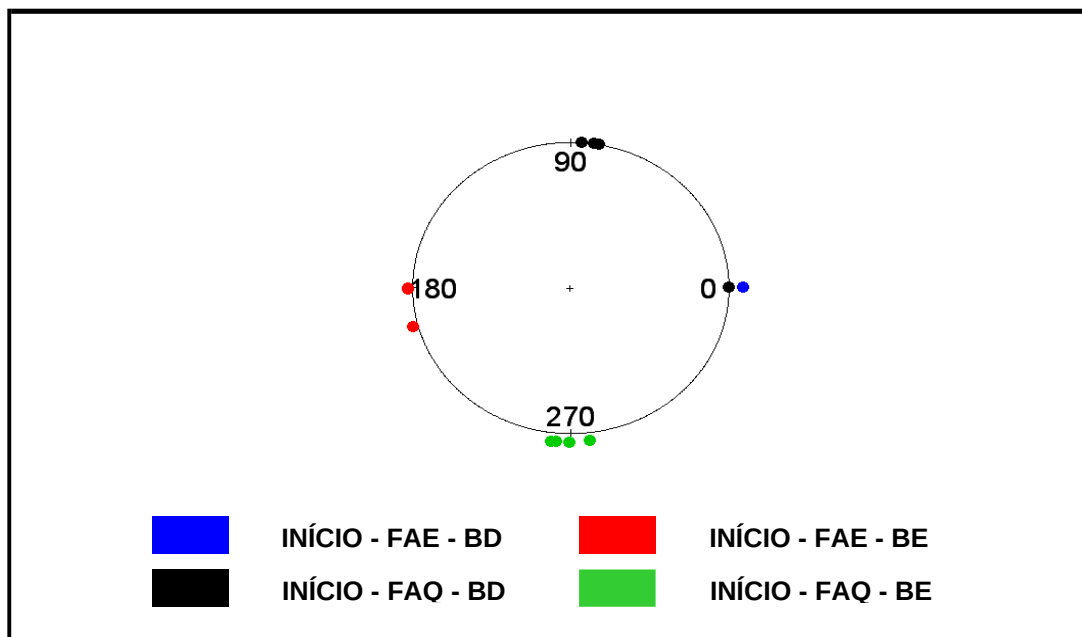


Figura B.41 - Gráfico Circular (II) de média angular para parte da prova



APÊNDICE C:
MODELO PARA OS TEMPOS MÉDIOS DAS VARIÁVEIS DE MICROESTRUTURA

Para a análise dos tempos médios ao longo da prova, foi utilizado um modelo linear de efeitos mistos, considerando como efeito aleatório o nadador. Inicialmente ajustou-se um modelo saturado, de onde se verificou a não existência de interação entre idade e sexo. O modelo foi ajustado novamente retirando-se efeito de interação entre sexo e idade e neste modelo também não se verificou existência de efeito principal de sexo dos atletas nos tempos médios, portanto, o modelo final proposto é dado a seguir:

$$Y_{ik} = \mu + \delta_k + \pi_{ik} + \theta \times idade_i + \varepsilon_{ik}$$

Com restrição de identificabilidade: $\sum_{k=1}^4 \delta_k = 0$, onde:

$i = 1, \dots, 31$ (indicador de indivíduo).

$k = 1, 2, 3, 4$ (indicador de parte da prova).

Y_{ik} : tempo absoluto da fase aérea (respectivamente, aquática, total ou do ciclo) do braço direito (respectivamente esquerdo) do i -ésimo nadador na k -ésima parte da prova.

μ : tempo esperado da fase aérea (respectivamente, aquática, total ou do ciclo) do braço direito (respectivamente esquerdo) na primeira parte da prova, para a menor idade entre os atletas e para o sexo feminino, que será adotado como a referência para comparações.

δ_k : variação média no tempo absoluto da fase aérea (respectivamente, aquática, total ou do ciclo) do braço direito (respectivamente, esquerdo) do i -ésimo nadador na k -ésima parte da prova em relação à primeira parte da prova.

π_{ik} : efeito aleatório do i -ésimo indivíduo na k -ésima parte da prova, onde

$$\pi_{ik} \sim N(0, \sigma_{\pi}^2).$$

$idade_i$: diferença entre a idade do i-ésimo nadador e a menor idade entre os atletas.

θ : variação média no tempo absoluto da fase aérea (respectivamente, aquática, total ou do ciclo) do braço direito (respectivamente, esquerdo) para o acréscimo de um ano na idade do nadador.

$\mathcal{E}_{ik}$: erro aleatório do i-ésimo indivíduo na k-ésima parte da prova, com

$$\mathcal{E}_{ik} \sim N(0, \sigma^2).$$

Por fim, supõe-se que π_{ik} e $\mathcal{E}_{ik}$ sejam independentes entre si.

Os dados foram analisados sob o modelo uniforme, ou seja, a matriz de covariância dos tempos medidos nas diferentes partes da prova foi estruturada da forma seguinte:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \sigma_{14} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \sigma_{23} & \sigma_{24} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_3^2 & \sigma_{34} \\ \sigma_{41} & \sigma_{42} & \sigma_{43} & \sigma_4^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_\pi^2 + \sigma^2 & \sigma_\pi^2 & \sigma_\pi^2 & \sigma_\pi^2 \\ \sigma_\pi^2 & \sigma_\pi^2 + \sigma^2 & \sigma_\pi^2 & \sigma_\pi^2 \\ \sigma_\pi^2 & \sigma_\pi^2 & \sigma_\pi^2 + \sigma^2 & \sigma_\pi^2 \\ \sigma_\pi^2 & \sigma_\pi^2 & \sigma_\pi^2 & \sigma_\pi^2 + \sigma^2 \end{bmatrix}$$

As estimativas dos modelos se encontram da Tabela C.1 à Tabela C.4 e a análise de resíduos da Figura C.1 à Figura C.4, observando que os resíduos tem confundimento com o efeito aleatório do indivíduo, no entanto, observando que esses dois termos são independentes, espera-se que esse resíduo seja normal. A análise para todos os modelos não mostrou violação das suposições do modelo.

Tabela C.1 - ESTIMATIVAS PARA OS PARÂMETROS DO MODELO - FASE AÉREA (ms)

BRAÇO DIREITO					
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	IC aproximado		p-valor
μ	122	22	78	166	< 0,0001
$\delta 2$	-8	4	-16	0	0,0215
$\delta 3$	-10	4	-18	-2	0,0064
$\delta 4$	-20	4	-28	-12	< 0,0001
θ	2	1	0	4	0,0080
BRAÇO ESQUERDO					
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	IC aproximado		p-valor
μ	165	23	119	211	< 0,0001
$\delta 2$	-8	4	-16	0	0,0064
$\delta 3$	-14	4	-22	-6	0,0016
$\delta 4$	-22	4	-30	-14	< 0,0001
θ	1	1	-1	3	0,2944

Tabela C.2 - ESTIMATIVAS PARA OS PARÂMETROS DO MODELO - FASE AQUÁTICA (ms)

BRAÇO DIREITO					
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	IC aproximado		p-valor
μ	429	58	313	545	< 0,0001
$\delta 2$	14	7	0	28	0,0417
$\delta 3$	9	7	-5	23	0,1646
$\delta 4$	-8	7	-22	6	0,2179
θ	5	2	1	9	0,0094
BRAÇO ESQUERDO					
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	IC aproximado		p-valor
μ	391	54	283	499	< 0,0001
$\delta 2$	18	7	4	32	0,0087
$\delta 3$	18	7	4	32	0,0062
$\delta 4$	-2	7	-16	12	0,7986
θ	6	2	2	10	0,0013

Tabela C.3 - ESTIMATIVAS PARA OS PARÂMETROS DO MODELO - TEMPO TOTAL (ms)

BRAÇO DIREITO					
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	IC aproximado		p-valor
μ	552	65	422	682	< 0,0001
$\delta 2$	6	8	-10	22	0,4476
$\delta 3$	0	8	-16	16	0,9619
$\delta 4$	-28	8	-44	-12	0,0003
θ	6	2	2	10	0,0019
BRAÇO ESQUERDO					
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	IC aproximado		p-valor
μ	556	66	424	688	< 0,0001
$\delta 2$	10	8	-6	26	0,2295
$\delta 3$	4	8	-12	20	0,5726
$\delta 4$	-23	8	-39	-7	0,0042
θ	6	2	2	10	0,0026

Tabela C.4 - ESTIMATIVAS PARA OS PARÂMETROS DO MODELO - TEMPO DO CICLO (ms)

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	IC aproximado		p-valor
μ	1107	131	845	1369	< 0,0001
$\delta 2$	15	15	-15	45	0,3076
$\delta 3$	4	15	-26	34	0,7828
$\delta 4$	-51	15	-81	-21	0,0009
θ	13	4	5	21	0,0022

Figura C.1 - Análise de resíduos - Fase aérea

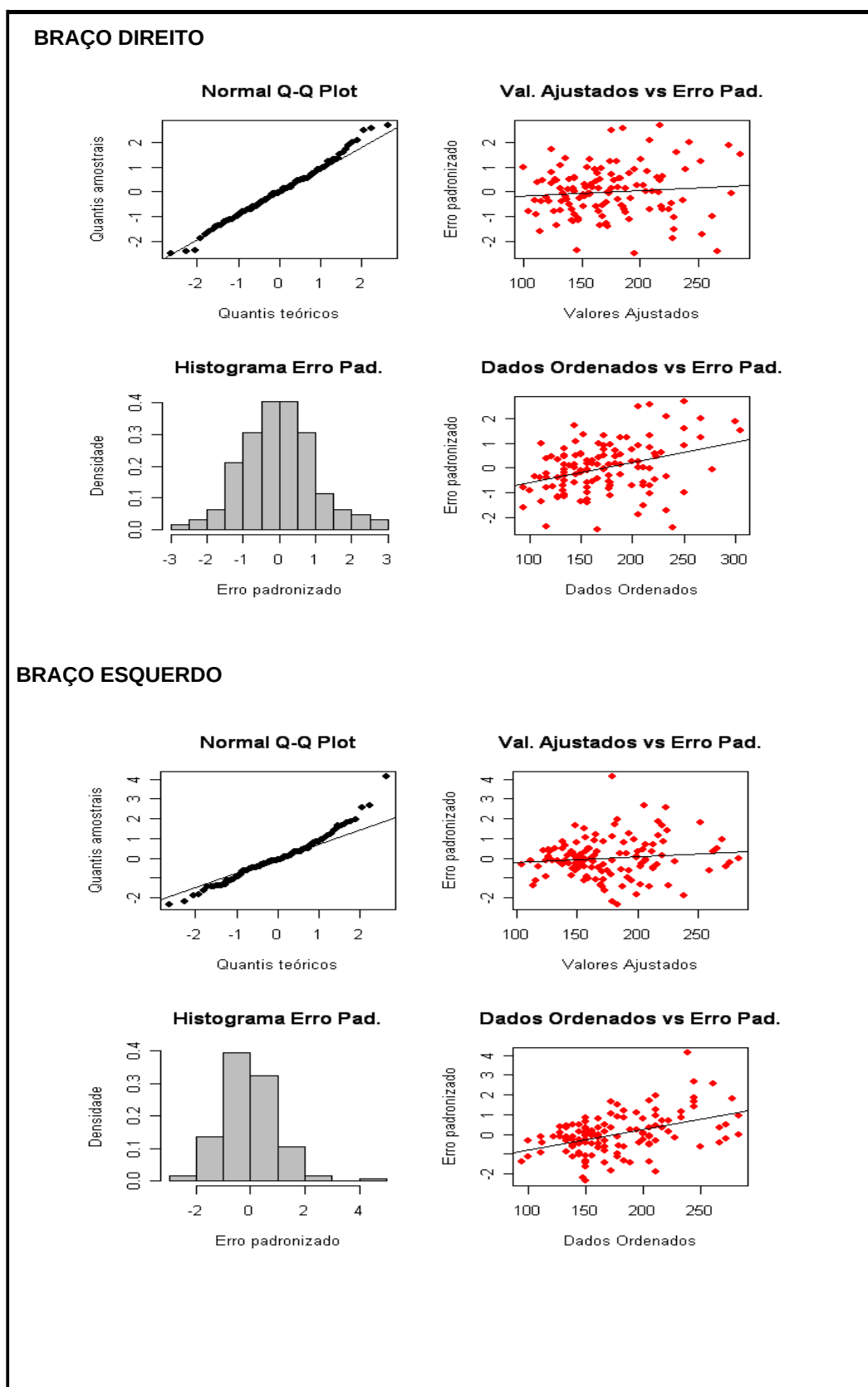


Figura C.2 - Análise de resíduos - Fase aquática

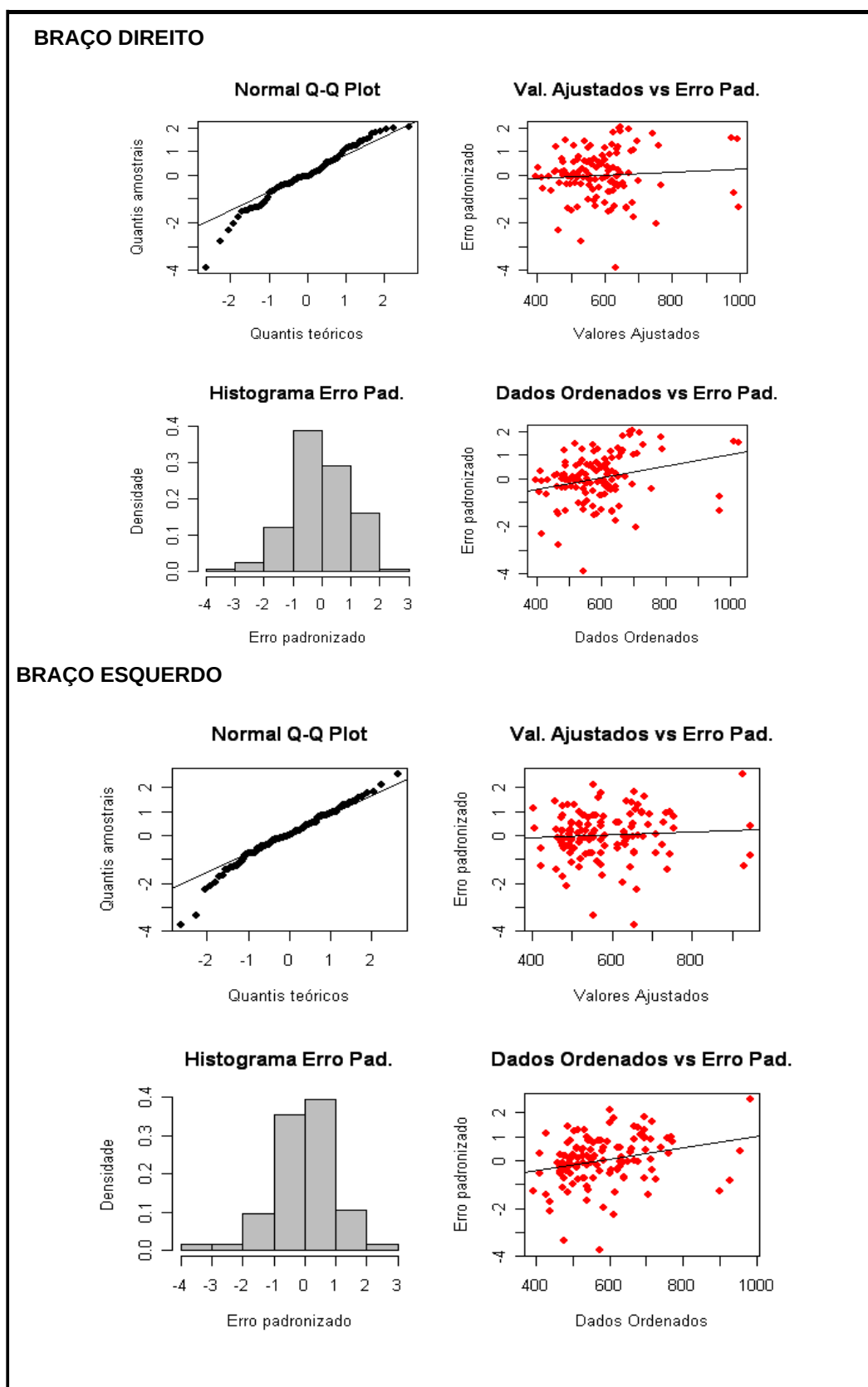


Figura C.3 - Análise de resíduos - Tempo total

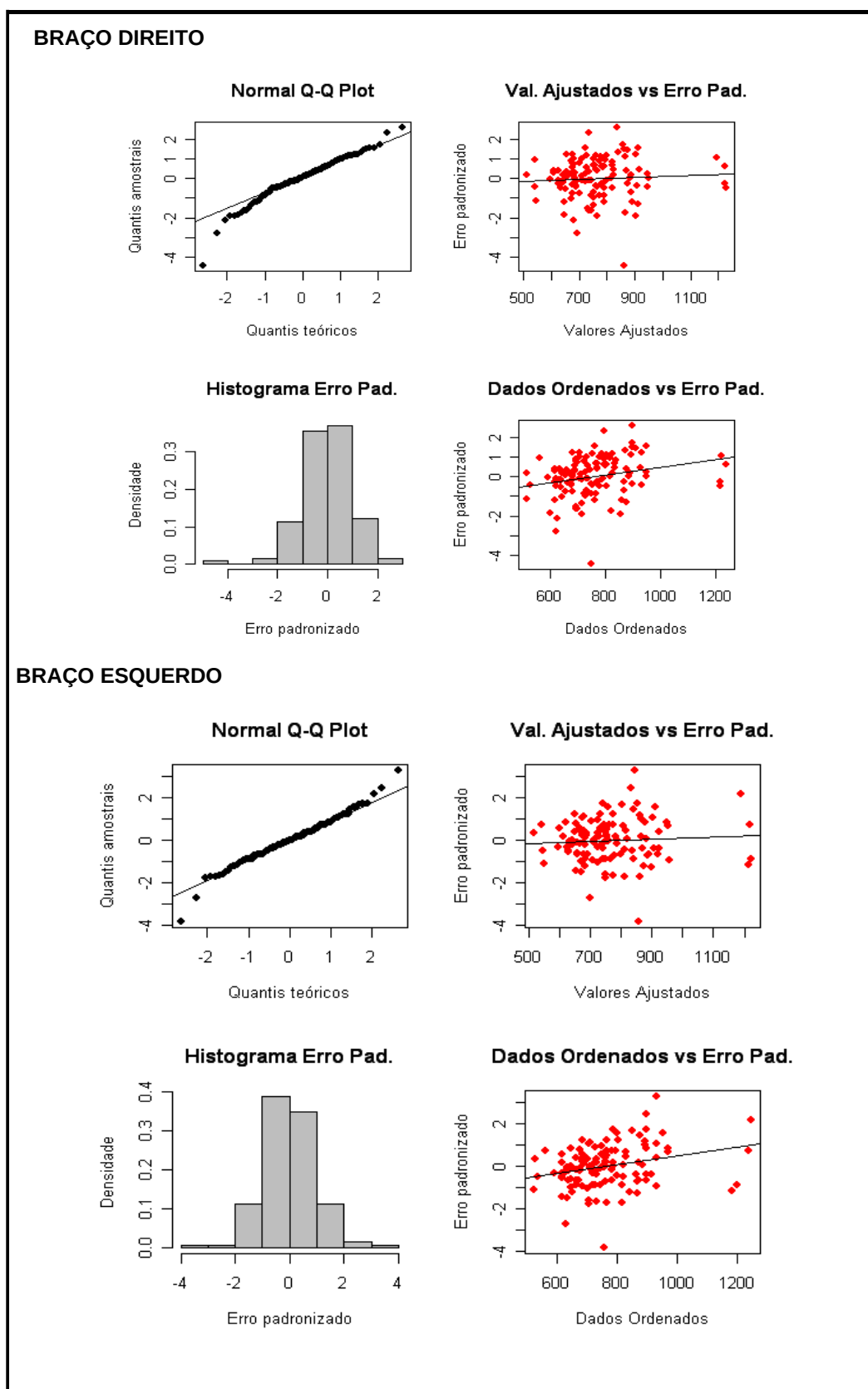


Figura C.4 - Análise de resíduos - Ciclo

