

RAE-CEA-9816

**RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA
SOBRE O PROJETO: A CONTRIBUIÇÃO
RELATIVA DE MECANISMOS ATENCIONAIS E
PRÉ-ATENCIONAIS ENVOLVIDOS NO TEMPO
DE REAÇÃO À ESTIMULAÇÃO SENSORIAL**

**Clélia Maria de Castro Toloi
Airlane Pereira Alencar**

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA - CEA

RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA – CÓDIGO 9816

TÍTULO: Relatório de análise estatística sobre o projeto: A contribuição relativa de mecanismos atencionais e pré-atencionais envolvidos no tempo de reação à estimulação visual

PESQUISADOR: Luiz Renato Rodrigues Carreiro

ORIENTADOR: Marcus Vinícius C. Baldo

INSTITUIÇÃO: Instituto de Ciências Biomédicas – USP

FINALIDADE: Tese de mestrado

RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE: Clélia Maria de Castro Toloi
Airlane Pereira Alencar

REFERÊNCIA DESTE TRABALHO:

ALENCAR, A. P. e TOLOI, C. M. C. (1998) **Relatório de análise estatística sobre o projeto: Contribuição relativa de mecanismos atencionais envolvidos no tempo de reação à estimulação visual**. São Paulo, IME-USP, 53p.

FICHA TÉCNICA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BUSSAB, W. O. e MORETTIN, P. A. (1987). **Estatística básica**. 4. ed. São Paulo: Atual, 321p.

NETER, J., WASSERMAN, W. e KUTNER, M. H. (1990). **Applied linear statistical models: regression, analysis of variance and experimental design**. 3rd ed. Homewood, Ill.: Richard D. Irwing, 1181p.

MINITAB for Windows ® : reference manual, Versão 10.0 (1996). USA: Minitab Corporation, 940p.

PAIVA, J. S. (1998). **Relatório de consulta sobre o projeto: A Contribuição relativa de mecanismos atencionais envolvidos no tempo de reação à estimulação visual**. São Paulo, IME-USP, 7p.

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS:

MINITAB *for Windows* ®, versão 10.0.

Microsoft Excel *for Windows* ®, versão 97.

Microsoft Word *for Windows* ®, versão 97.

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS: (entre parênteses a classificação ISI)

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Análise de Variância Univariada (08:010)

ÁREA DE APLICAÇÃO:

Bioestatística (14:030)

ÍNDICE

Resumo	5
1. Introdução	6
2. Descrição do Estudo	6
2.1. Experimento I	7
2.2. Experimento II	10
2.3. Experimento III	12
3. Análise Descritiva	12
3.1. Experimento I	13
3.2. Experimento II	14
3.3. Experimento III	14
4. Análise Inferencial	14
4.1. Experimento I	15
4.2. Experimento II	17
4.3. Experimento III	20
4.4. Análise de Resíduos	22
5. Conclusões	22
Apêndice A – Protocolo dos Experimentos	24
Apêndice B – Tabelas – Análise Descritiva	27
Apêndice C – Gráficos – Análise Descritiva	35
Apêndice D – Tabelas – Análise Inferencial	42
Apêndice E – Gráficos – Análise de Resíduos	46
Apêndice F – Comparações Múltiplas	51

Resumo

O presente estudo tem como objetivo avaliar a influência de diversos fatores sobre o tempo de reação a estímulos visuais. Foram considerados os fatores: atenção, excentricidade, tamanho e posição (fixa ou aleatória) do estímulo e a ocularidade.

Para isso, foram realizados testes psicofísicos que consistem na apresentação de um estímulo na tela de um computador e na resposta dos indivíduos a este estímulo. O tempo de reação ao estímulo é o tempo desde o aparecimento do estímulo até a resposta do indivíduo.

Um dos fatores de grande interesse no estudo é a atenção, que foi avaliada indicando-se um dos quadrantes da tela para o qual o indivíduo deve direcionar sua atenção. Concluímos que o tempo médio de reação é menor quando o estímulo aparece no quadrante indicado ao indivíduo e é maior quando o estímulo aparece num quadrante diferente do indicado ao indivíduo.

Quanto à excentricidade do estímulo (proporcional à distância do estímulo ao centro da tela), não há evidências de diferenças entre as excentricidades consideradas, exceto para a excentricidade maior ($0,69^\circ$) que apresenta um tempo médio de reação maior.

Com relação ao tamanho, em geral, o tempo médio de reação é menor quanto maior o tamanho do estímulo.

Além disso, o tempo médio de reação é menor para a condição binocular do que para a condição monocular e, é menor quando a posição do estímulo é fixa em comparação com a posição aleatória.

1. Introdução

Na interação dos seres humanos com o meio ambiente, a atenção seleciona determinados estímulos para que estes possam ser melhor processados. Os mecanismos atencionais dizem respeito ao direcionamento da atenção, enquanto os mecanismos pré-atencionais estão relacionados com as potencialidades do sistema visual. Como características dos mecanismos pré-atencionais, podemos considerar, por exemplo, o número e a localização de fotorreceptores na retina.

Neste contexto, o estudo da atenção visual seletiva, através da medida do tempo de reação a um estímulo visual, tem contribuído muito para a compreensão do funcionamento do cérebro.

O objetivo do trabalho é buscar uma distinção entre os mecanismos atencionais e pré-atencionais no que se refere às suas participações no tempo de reação manual a estímulos visuais. Para isto, analisou-se a influência da atenção, ocularidade, excentricidade, tamanho e posição de um estímulo visual sobre o tempo de reação manual a este estímulo.

2. Descrição do estudo

Participaram do estudo homens e mulheres, com idades entre 20 e 30 anos, com visão normal ou corrigida, alunos do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Os indivíduos que concordaram em participar do estudo responderam a um questionário, onde foram investigados aspectos relacionados à acuidade visual, utilização de lentes corretivas e condições físicas gerais. Além desta avaliação, antes do início de cada sessão de testes, cada indivíduo foi questionado sobre seu estado geral.

Os indivíduos foram submetidos a várias sessões de testes. Cada teste psicofísico consiste na resposta a um estímulo visual apresentado na tela de um microcomputador.

O teste começa com o aparecimento de uma cruz, utilizada como ponto de fixação, no centro da tela. Após um tempo aleatório, variando de 800 a 1800 ms, o estímulo aparece em algum dos quadrantes da tela. Os indivíduos são orientados a fixar o olhar na cruz durante todo o teste. Logo após o aparecimento do estímulo, os indivíduos devem interromper um feixe de infravermelho com o dedo indicador da mão dominante. O tempo de reação aparece na tela e é então armazenado no microcomputador. O tempo de espera até o aparecimento da cruz novamente na tela é aleatório entre 500 e 2000 ms.

Os testes foram realizados em uma sala com iluminação diminuída e indireta e isolamento acústico. Os indivíduos mantiveram-se sentados em cadeira regulável com apoiador de frente e mento, apoiando o rosto a 50 cm do microcomputador. Todas as rotinas do experimento foram programadas utilizando-se o programa MEL (Micro Experimental Laboratory).

O estudo está dividido em três experimentos descritos a seguir.

2.1. Experimento I

O objetivo da realização do experimento I é estudar a influência do direcionamento da atenção e do tamanho e excentricidade do estímulo sobre o tempo de reação.

Participam deste experimento 3 homens e 9 mulheres e foram realizadas 7 sessões de testes com cada indivíduo, sendo uma sessão por dia. Cada sessão é composta por 300 testes.

Cada teste começa com a apresentação de uma cruz no centro da tela. Juntamente com a cruz aparecerá uma seta (linha) indicando para um dos quatro quadrantes da tela. A seta indica que naquele quadrante há uma maior probabilidade (62,5%) do estímulo aparecer. A probabilidade do estímulo aparecer em qualquer outro quadrante da tela é 37,5%, com iguais probabilidades para cada um dos 3 quadrantes. Se, ao invés da seta, aparecer um asterisco juntamente com a cruz, a probabilidade de

aparecimento do estímulo é 25% para cada um dos quadrantes. A presença da seta ou do asterisco caracterizam a alocação da atenção em cada teste.

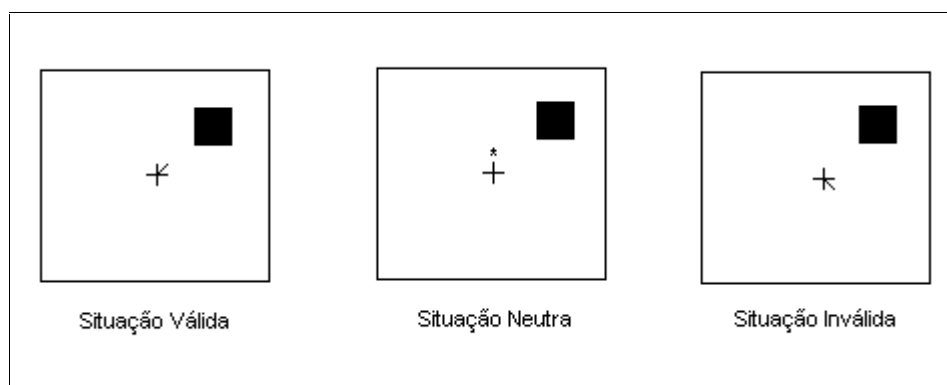
Ao início de cada sessão de testes, o indivíduo recebe as instruções apresentadas na Figura 2.1.1.

Figura 2.1.1: Instruções para realização do Experimento I

- 1) fixar o olhar na cruz durante todo o teste
- 2) sem mover os olhos, orientar a atenção para a posição indicada pela seta, esperando que o estímulo venha naquela posição; ou, quando aparecer o asterisco, não orientar a atenção para nenhuma posição específica e
- 3) responder o mais rapidamente possível ao estímulo interrompendo o feixe de infravermelho da chave óptica com o dedo indicador da mão dominante.

Quando o estímulo aparece na posição indicada pela seta, a situação é considerada válida, caso contrário, é considerada inválida. Quando aparece o asterisco na tela, a situação é considerada neutra. As três situações possíveis podem ser visualizadas na Figura 2.1.2.

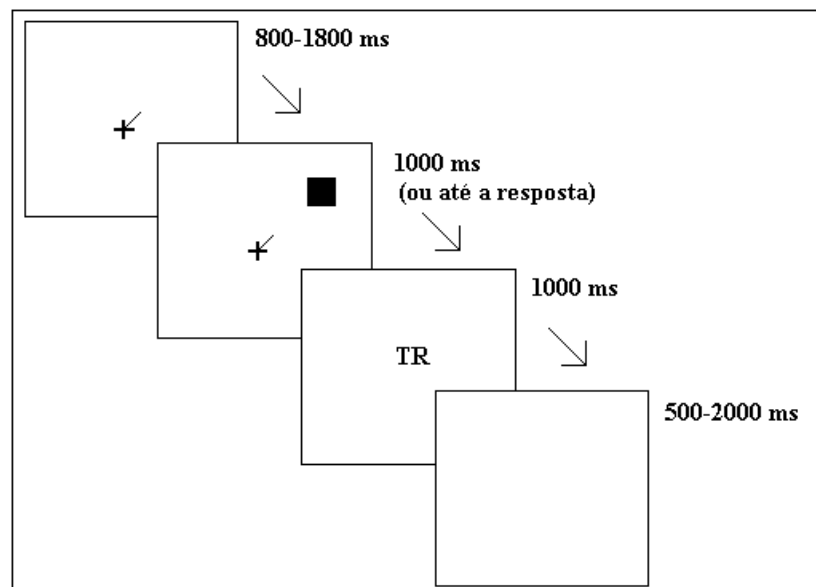
Figura 2.1.2: Possíveis situações de aparecimento do estímulo no Experimento I



Imediatamente após o indivíduo emitir a resposta, acionando a chave óptica, aparece na tela o seu tempo de reação em milissegundos, ou a ocorrência de antecipação (quando o sujeito emite uma resposta antes do aparecimento do alvo), ou a de resposta lenta (quando demorar mais de 1000 ms para responder ao estímulo).

A realização de um teste do experimento I está esquematizada na Figura 2.1.3, onde TR corresponde ao tempo de reação ao estímulo.

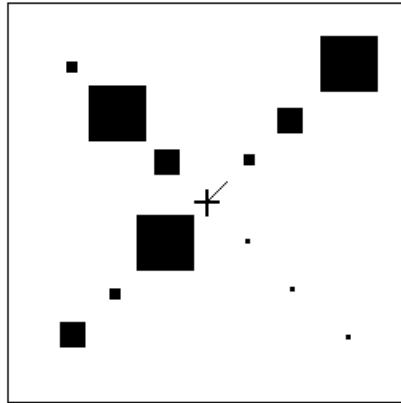
Figura 2. 1. 3: Sequência temporal da apresentação dos estímulos, caracterizando uma situação válida.



Há três tamanhos possíveis do estímulo, que aparecem aleatoriamente durante cada sessão de testes. Os quadrantes de aparecimento do estímulo também são escolhidos aleatoriamente dependendo da situação (válida, neutra e inválida). Além disso, em cada sessão, os estímulos aparecem em uma determinada excentricidade. A excentricidade mede a distância entre o centro da tela e o centro do estímulo. Vale ressaltar que a ordem das sessões, cada uma com uma dada excentricidade, é diferente para cada indivíduo, como pode ser verificado na Tabela A1 do Apêndice A.

O tamanho e a excentricidade dos estímulos são medidos em graus de ângulo visual, pois estão relacionados com a localização da formação da imagem na retina. A Figura 2.1.4 apresenta as diferentes posições e tamanhos do estímulo.

Figura 2.1.4: Posições e tamanhos do estímulo no experimento I



Descrição dos fatores envolvidos no experimento I

- SITUAÇÃO = dependendo do quadrante de aparecimento do estímulo, a situação pode ser considerada:
 - válida, se o estímulo aparece no quadrante indicado pela seta;
 - neutra, quando aparece o asterisco; e
 - inválida, se o estímulo aparece num quadrante diferente do indicado pela seta
- TAMANHO = Pequeno ($0,23^\circ$), Médio ($0,46^\circ$) ou Grande ($0,92^\circ$)
- EXCENTRICIDADE = Menor ($4,69^\circ$), Média ($9,31^\circ$) ou Maior ($13,82^\circ$)

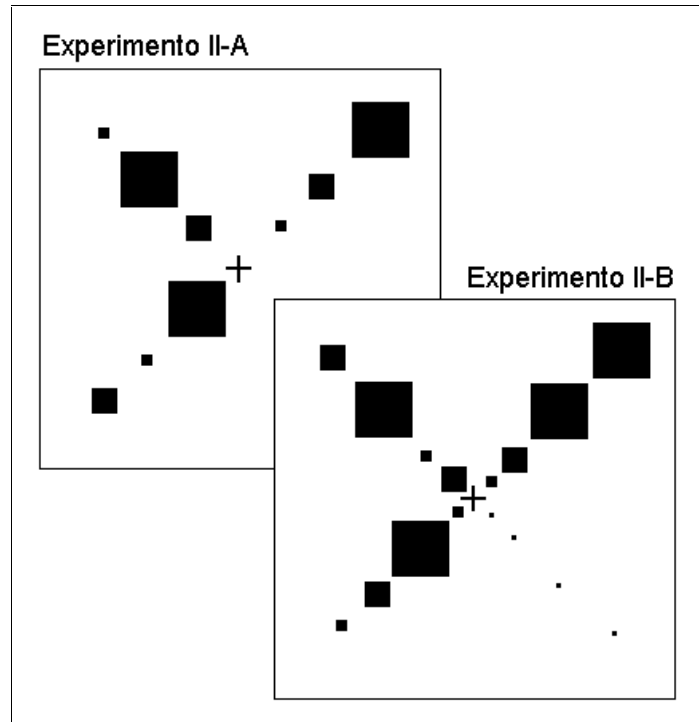
2.2. Experimento II

O objetivo do experimento II é estudar somente a influência do tamanho e da excentricidade sobre o tempo de reação. Neste experimento o tamanho, a excentricidade e o quadrante dos estímulos apresentados em cada teste são aleatórios. Participam do experimento 5 homens e 3 mulheres.

O experimento II está subdividido em duas partes: experimento não foveal (II-A) e foveal (II-B). No experimento II-A são utilizadas exatamente as mesmas

excentricidades do experimento I e no II-B acrescenta-se uma excentricidade parafoveal ($1,15^\circ$), como pode ser visualizado na Figura 2.2.1.

Figura 2.2.1: Posições e tamanhos do estímulo no experimento II



Como a excentricidade está ligada à localização da imagem na retina, para a excentricidade parafoveal a imagem se forma próxima à fóvea, que é a região central da retina. A fóvea é caracterizada pela presença de um maior número de fotossensores, o que proporciona uma maior nitidez das imagens aí formadas.

O experimento II está dividido em 5 sessões com 300 testes por sessão. A primeira sessão é utilizada somente como treino. Nas sessões seguintes, os indivíduos realizam testes do experimento II-A e II-B, conforme o protocolo apresentado na Tabela A2 do Apêndice A.

Cada teste do experimento II segue o mesmo esquema (Figura 2.1.2) do experimento I.

Descrição dos fatores envolvidos no experimento II

- TAMANHO = Pequeno ($0,23^\circ$), Médio ($0,46^\circ$) ou Grande ($0,92^\circ$)
- EXCENTRICIDADE = Menor ($4,69^\circ$), Média ($9,31^\circ$) ou Maior ($13,82^\circ$), com a inclusão da excentricidade Parafoveal ($1,15^\circ$) no experimento II-B

2. 3. Experimento III

O objetivo do experimento III é estudar mais detalhadamente os efeitos dos estímulos de diferentes tamanhos sobre o tempo de reação em duas situações diferentes. Na primeira, a atenção está dirigida para a posição do estímulo, já que o indivíduo sabe em qual quadrante o estímulo vai aparecer. Na segunda situação, a escolha do quadrante é aleatória, assim o indivíduo não sabe para onde direcionar a atenção. A excentricidade é fixa ($9,31^\circ$) em ambos os casos. O experimento é realizado nas condições binocular e monocular (com um olho fechado).

Participam deste experimento 10 homens e 6 mulheres.

O experimento está dividido em 3 sessões. Na primeira sessão, cada indivíduo realiza alguns testes com quadrante fixo e outros com quadrantes aleatório sob a condição binocular. Esta sessão de testes tem o objetivo de tornar o experimento familiar aos indivíduos e os resultados destes testes não são considerados nas análises. Nas sessões 2 e 3, os testes são realizados na condição monocular e nas sessões 4 e 5, sob a condição binocular. O protocolo de aplicação dos testes está esquematizado na Tabela A3 do Apêndice A.

Descrição das variáveis envolvidas no experimento III

- TAMANHO = 1($0,09^\circ$), 2 ($0,23^\circ$), 3 ($0,46^\circ$), 4 ($0,69^\circ$) e 5 ($0,92^\circ$)
- QUADRANTE = Fixo, Aleatório
- OCULARIDADE = Binocular e Monocular

3. Análise Descritiva

Os tempos de reação medidos para cada indivíduo, sob cada condição experimental, apresentam distribuições bastante assimétricas, como podemos constatar, por exemplo, nos Gráficos C.1 e C.2 do Apêndice C. Os histogramas dos tempos de reação para os três experimentos e sob cada condição experimental apresentam o mesmo padrão assimétrico, com alguns testes com tempos de reação bem maiores do que a maioria. Estas observações se devem ao fato de que qualquer distração do indivíduo pode aumentar o tempo de reação ao estímulo. Por isso, foi recomendado o uso da mediana dos tempos de reação para cada indivíduo, sob cada condição experimental. A mediana foi usada como medida resumo por ser robusta (não varia) na presença de alguns valores discrepantes. O uso da mediana foi, inclusive, recomendada pelo Centro de Estatística Aplicada (CEA) em uma consulta realizada no CEA em 11/05/98 (PAIVA (1998)).

As Tabelas B.1 a B.7 do Apêndice B apresentam a mediana dos tempos de reação para cada indivíduo, sob cada condição experimental, além da média e desvio padrão destas medidas para cada condição experimental.

Os Gráficos C.3 a C.11 do Apêndice C apresentam os perfis médios das medianas dos tempos de reação considerando-se os fatores envolvidos em cada um dos experimentos. Nestes gráficos podemos visualizar a presença de possíveis efeitos de interação.

No Gráfico C.3, por exemplo, podemos verificar que a diferença entre o tempo médio de reação para a situação inválida com relação à situação neutra parece maior para o estímulo pequeno do que para o médio. Este é um exemplo de possível efeito de interação entre os fatores Situação e Tamanho. A ausência de efeito de interação ocorre quando as diferenças entre os tempos médios de reação sob os níveis de um fator não mudam para cada nível do outro fator. Esta situação pode ser traduzida graficamente pelo paralelismo entre os perfis médios.

De um modo geral, a partir desses gráficos, não há muita evidência de interação entre os fatores envolvidos. A presença dos efeitos de interações será testada na seção 4 referente à Análise Inferencial.

3.1. Experimento I

O experimento I apresenta três fatores que podem influenciar no tempo de reação: situação, tamanho e excentricidade. As interações entre eles serão estudadas fixando-se o valor da excentricidade. No caso, os Gráficos C.3, C.4 e C.5 apresentam os perfis médios das medianas dos tempos de reação para as excentricidades menor ($4,69^{\circ}$), média ($9,31^{\circ}$) e maior ($13,82^{\circ}$), respectivamente. Como estes gráficos parecem apresentar o mesmo comportamento, foi construído o Gráfico C.6, onde podemos visualizar a interação entre situação e tamanho sem considerar as diferentes excentricidades.

O Gráfico C.7 apresenta os perfis médios das medianas dos tempos de reação considerando-se situação e excentricidade e o Gráfico C.8, considerando-se excentricidade e tamanho.

3.2. Experimento II

Os Gráficos C.9 e C.10 apresentam os perfis médios das medianas dos tempos de reação para os experimentos II-A (não foveal) e II-B (foveal), respectivamente.

3.3. Experimento III

O Gráfico C.11 apresenta os perfis médios das medianas dos tempos de reação para os diversos tamanhos, considerando-se a ocularidade e a posição.

4. Análise Inferencial

A fim de testarmos os efeitos de interação entre os fatores envolvidos e compararmos os tempos de reação sob cada condição experimental, utilizamos um modelo de Análise de Variância com Medidas Repetidas, já que cada indivíduo foi submetido às diversas condições experimentais (Neter et al. (1990)).

A fim de compararmos as condições experimentais com relação ao tempo médio de reação serão realizadas comparações múltiplas, usando-se a técnica de comparações múltiplas de Bonferroni (vide Apêndice F). Assim, para garantir o nível de significância global desejado, para cada comparação deve ser adotado um nível de significância igual ao nível global dividido pelo número de comparações realizadas no experimento. É este nível de significância que deve ser comparado com o nível descritivo (denotado por p) de cada teste.

As tabelas com os resultados da análise inferencial estão no Apêndice D e os gráficos referentes à análise de resíduos estão no Apêndice E.

4.1. Experimento I

O modelo de análise de variância utilizado é da forma:

$$R_{ijkl} = \mu + T_i + E_j + S_k + TE_{ij} + TS_{ik} + ES_{jk} + TES_{ijk} + I_l + \varepsilon_{ijkl}$$

$$i = 1, 2, 3 \quad j = 1, 2, 3 \quad k = 1, 2, 3 \quad l = 1, \dots, 12$$

- R_{ijkl} é o tempo de reação ao estímulo de Tamanho i, Excentricidade j e Situação k para o Indivíduo l;
- μ é o tempo médio de reação;
- T_i é o efeito do Tamanho i sobre o tempo de reação;
- E_j é o efeito da Excentricidade j sobre o tempo de reação;
- S_k é o efeito da Situação k sobre o tempo de reação;
- TE_{ij} é efeito da interação entre o Tamanho i e a Excentricidade j sobre o tempo de reação;
- TS_{ik} é efeito da interação entre o Tamanho i e a Situação k sobre o tempo de reação;
- ES_{jk} é efeito da interação entre a Excentricidade j e a Situação k sobre o tempo de reação;
- TES_{ijk} é efeito da interação entre o Tamanho i, a Excentricidade j e a Situação k sobre o tempo de reação;
- I_l é o efeito do indivíduo l sobre o tempo de reação;

- ε_{ijkl} é o resíduo do modelo.

As restrições do modelo são:

$$\sum_{i=1}^3 T_i = 0, \sum_{j=1}^3 E_j = 0, \sum_{k=1}^3 S_k = 0, \sum_{i=1}^3 TE_{ij} = 0, \sum_{j=1}^3 TE_{ij} = 0, \sum_{i=1}^3 TS_{ki} = 0, \sum_{k=1}^3 TS_{ki} = 0,$$

$$\sum_{j=1}^3 ES_{jk} = 0, \sum_{k=1}^3 ES_{jk} = 0, \sum_{i=1}^3 TES_{ijk} = 0, \sum_{j=1}^3 TES_{ijk} = 0, \sum_{k=1}^3 TES_{ijk} = 0.$$

As suposições do modelo são:

$$I_l \sim N(0, \sigma_l^2) \text{ e } \varepsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2) \text{ independentes.}$$

Os resultados da análise de variância são apresentados na Tabela D1. Aos níveis de significância usuais, a respeito dos efeitos sobre o tempo de reação, concluímos que:

- ⇒ não há efeitos de interação entre Excentricidade e os demais fatores envolvidos no experimento (todos os níveis descritivos são maiores que 0,115);
- ⇒ há evidências de efeito de interação entre Situação e Tamanho ($p=0,009$);
- ⇒ há efeito de Excentricidade ($p<0,001$).

A ausência do efeito de interação entre os três fatores pode ser visualizada nos Gráficos C.3, C.4 e C.5, já que para cada excentricidade considerada, o comportamento do tempo de reação para cada Tamanho e Situação parece ser o mesmo. A ausência de efeitos de interação entre Excentricidade e Situação e entre Excentricidade e Tamanho podem ser visualizados nos Gráficos C.7 e C.8, que parecem apresentar perfis médios paralelos. A interação entre Situação e Tamanho pode ser visualizada no Gráfico C.6, já que as diferenças entre os tempos médios de cada Situação diminui com o aumento do Tamanho.

Devido à presença de interação entre Situação e Tamanho, foram realizadas comparações múltiplas fixando-se a Situação e comparando os tempos médios para cada Tamanho, fixando-se o Tamanho e comparando os tempos médios para cada Situação. Além disso, foram comparados os tempos para cada Excentricidade,

totalizando 21 comparações. Assim, o nível de significância de cada comparação deve ser o nível de significância global (por exemplo, 0,05) dividido por 21 ($0,05/21=0,0024$).

Os tempos médios de reação para cada Situação e Tamanho são apresentados na Tabela D.2. A Tabela D.3 apresenta os tempos médios de reação para cada Excentricidade. Os gráficos C.6, C.7 e C.8 ilustram a relação entre os diversos níveis dos fatores envolvidos.

Ao nível de significância global de 0,05, concluímos que:

- ⇒ para cada um dos 3 Tamanhos, o tempo médio de reação é menor para Situação Válida, seguido pela Situação Neutra, e por fim, a Situação Inválida é a que apresenta maior tempo médio de reação (os níveis descritivos de cada comparação são menores que 0,001);
- ⇒ para cada uma das 3 Situações, o tempo médio de reação é menor quanto maior o Tamanho do estímulo (os níveis descritivos de cada comparação são menores que 0,001);
- ⇒ não há evidências de diferenças entre os tempos médios para as Excentricidades Menor e Média ($p=0,016$) e para Menor e Maior ($p=0,033$);
- ⇒ o tempo médio de reação é menor para a Excentricidade Média do que para a Maior ($p<0,001$).

4.2. Experimento II

O modelo de análise de variância utilizado é da forma:

$$R_{ijkl} = \mu + T_i + E_j + TE_{ij} + I_l + \varepsilon_{ijkl}$$

$i = 1, 2, 3$ $j = 1, 2, 3$ (e 4 no experimento II – B) $k = 1, 2, 3$ $l = 1, \dots, 8$

- R_{ijkl} é o tempo de reação ao estímulo de Tamanho i , Excentricidade j e Situação k para o Indivíduo l ;
- μ é o tempo médio de reação;
- T_i é o efeito do Tamanho i sobre o tempo de reação;
- E_j é o efeito da Excentricidade j sobre o tempo de reação;
- TE_{ij} é efeito da interação entre o Tamanho i e a Excentricidade j sobre o tempo de reação;
- I_l é o efeito do indivíduo l sobre o tempo de reação;
- ε_{ijkl} é o resíduo do modelo.

As restrições do modelo são:

$$\sum_{i=1}^3 T_i = 0, \quad \sum_{j=1}^{3(ou\ 4)} E_j = 0, \quad \sum_{i=1}^3 TE_{ij} = 0, \quad \sum_{j=1}^{3(ou\ 4)} TE_{ij} = 0.$$

As suposições do modelo são:

$I_l \sim N(0, \sigma_l^2)$ e $\varepsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2)$ independentes.

4.2.1. Experimento II – A (Não Foveal)

Conforme os resultados da análise de variância apresentados na Tabela D.4, aos níveis de significância usuais, concluímos que:

- ⇒ não há evidências de efeito de interação entre Excentricidade e Tamanho sobre o tempo de reação ($p=0,702$);
- ⇒ aceitamos a existência de efeito de Tamanho sobre o tempo de reação ($p<0,001$)
- ⇒ aceitamos a existência de efeito de Excentricidade sobre o tempo de reação ($p<0,001$).

Estes resultados podem ser visualizados no Gráfico C.9. Os tempos médios de reação para cada Tamanho são apresentados na Tabela D.5 e para cada Excentricidade, na Tabela D.6.

A fim de comparar o tempo de reação para cada Tamanho e Excentricidade, foram realizadas 6 comparações múltiplas. Assim, para garantir um nível de significância global igual a 0,05, para cada comparação deve ser adotado um nível de significância de 0,008 (0,05/6).

Ao nível de significância global de 0,05, concluímos que:

- ⇒ o tempo de reação é menor quanto maior é o tamanho do estímulo (todas as comparações apresentam $p<0,001$);
- ⇒ não há evidências de diferença entre os tempos médios de reação para a Excentricidade Menor e Média ($p=0,068$);

- ⇒ o tempo médio de reação é maior para a Excentricidade Maior do que para a Menor ($p < 0,001$);
- ⇒ o tempo médio de reação é maior para a Excentricidade Maior do que para a Média ($p < 0,001$).

4.2.2. Experimento II – B (Foveal)

Os resultados da análise de variância são apresentados na Tabela D.7. Aos níveis de significância usuais, concluímos que:

- ⇒ não há evidências de efeito de interação entre Excentricidade e Tamanho sobre o tempo de reação ($p = 0,777$);
- ⇒ aceitamos a existência de efeito de Tamanho sobre o tempo de reação ($p < 0,001$);
- ⇒ aceitamos a existência de efeito de Excentricidade sobre o tempo de reação ($p < 0,001$).

Os resultados acima podem ser visualizados no Gráfico C.10. Os tempos médios de reação para cada Tamanho são apresentados na Tabela D.8 e para cada Excentricidade, na Tabela D.9.

A fim de comparar o tempo de reação para cada Tamanho e Excentricidade, foram realizadas 9 comparações múltiplas. Assim, para garantir um nível de significância global igual a 0,05, para cada comparação deve ser adotado um nível de significância de 0,006 ($0,05/9$).

Aos níveis de significância usuais:

- ⇒ o tempo de reação é menor quanto maior é o tamanho do estímulo (todas as comparações apresentam $p < 0,001$);
- ⇒ não há evidências de diferença entre os tempos médios de reação para as Excentricidades: Parafoveal e Menor ($p = 0,592$), Parafoveal e Média ($p = 0,056$) e Menor e Média ($p = 0,015$);

⇒ o tempo médio de reação para a Excentricidade Maior é maior do que para a Excentricidade Parafoveal, Menor e Média (cada comparação apresenta $p < 0,001$).

4.3. Experimento III

O modelo de análise de variância utilizado é da forma:

$$R_{ijkl} = \mu + T_i + O_j + P_k + TO_{ij} + TP_{ik} + OP_{jk} + TOP_{ijk} + I_l + \varepsilon_{ijkl}$$

$$i = 1, \dots, 5 \quad j = 1, 2 \quad k = 1, 2 \quad l = 1, \dots, 16$$

- R_{ijkl} é o tempo de reação ao estímulo de Tamanho i , Ocularidade j e Posição k para o Indivíduo l ;
- μ é o tempo médio de reação;
- T_i é o efeito do Tamanho i sobre o tempo de reação;
- O_j é o efeito da Ocularidade j sobre o tempo de reação;
- P_k é o efeito da Posição k sobre o tempo de reação;
- TO_{ij} é efeito da interação entre o Tamanho i e a Ocularidade j sobre o tempo de reação;
- TP_{ik} é efeito da interação entre o Tamanho i e a Posição k sobre o tempo de reação;
- OP_{jk} é efeito da interação entre a Ocularidade j e a Posição k sobre o tempo de reação;
- TOP_{ijk} é efeito da interação entre o Tamanho i , a Ocularidade j e a Posição k sobre o tempo de reação;
- I_l é o efeito do indivíduo l sobre o tempo de reação;
- ε_{ijkl} é o resíduo do modelo.

As restrições do modelo são:

$$\sum_{i=1}^5 T_i = 0, \sum_{j=1}^2 O_j = 0, \sum_{k=1}^2 P_k = 0, \sum_{i=1}^5 TO_{ij} = 0, \sum_{j=1}^2 TO_{ij} = 0, \sum_{i=1}^5 TP_{ik} = 0, \sum_{k=1}^2 TP_{ik} = 0,$$

$$\sum_{j=1}^2 OP_{jk} = 0, \sum_{k=1}^2 OP_{jk} = 0, \sum_{i=1}^5 TOP_{ijk} = 0, \sum_{j=1}^2 TOP_{ijk} = 0, \sum_{k=1}^2 TOP_{ijk} = 0.$$

As suposições do modelo são:

$$I_l \sim N(0, \sigma_l^2) \text{ e } \varepsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2) \text{ independentes.}$$

Os resultados da análise de variância são apresentados na Tabela D.10. Aos níveis de significância usuais, a respeito dos efeitos sobre o tempo de reação, concluímos que:

- ⇒ não há efeitos de interação entre Posição e os demais fatores envolvidos no experimento (os valores dos níveis descritivos são maiores que 0,484);
- ⇒ há evidências de efeito de interação entre Ocularidade e Tamanho ($p=0,027$);
- ⇒ há efeito de Posição ($p<0,001$), o que juntamente com o resultado da Tabela D.11, permite concluirmos que o tempo médio de reação é menor para a Posição Aleatória do que para a Posição Fixa.

O Gráfico C.11 apresenta os perfis médios dos tempos de reação. A Tabela D.11 apresenta o tempo médio para cada Posição e a Tabela C.12 apresenta o tempo médio para cada Tamanho e Ocularidade.

Devido à presença de interação entre Ocularidade e Tamanho, foram realizadas comparações múltiplas fixando-se a Ocularidade e comparando os tempos médios para cada Tamanho e fixando-se o Tamanho e comparando os tempos médios para cada Ocularidade, totalizando 25 comparações. Assim, o nível de significância de cada comparação deve ser o nível de significância global (por exemplo, 0,05) dividido por 25 ($0,05/25=0,002$).

Ao nível de significância global de 0,05, concluímos que:

- ⇒ para a Ocularidade Binocular, não há evidências de diferenças entre os tempos médios de reação para os Tamanhos 4 e 5 ($p=0,139$). Considerando todas as outras comparações, o tempo de reação é menor quanto maior o tamanho do estímulo (cada comparação apresenta $p\leq 0,001$);
- ⇒ para a Ocularidade Monocular, não há evidências de diferenças entre os tempos médios de reação para os Tamanhos 3 e 4 ($p=0,029$) e para os Tamanhos 4 e 5 ($p=0,028$). Considerando todas as outras comparações, o tempo de reação é menor quanto maior o tamanho do estímulo (cada comparação apresenta $p\leq 0,001$);

⇒ para cada um dos 5 Tamanhos, o tempo médio de reação é menor para a Ocularidade Binocular do que para a Monocular (os níveis descritivos de cada comparação são menores que 0,001);

4.4. Análise de Resíduos

A análise de resíduos tem o propósito de verificar a validade das suposições assumidas pelo modelo de normalidade e homoscedasticidade (ou seja, variância constante) dos resíduos.

Os Gráficos E.1, E.4, E.7, E.10 apresentam os histogramas dos resíduos e os Gráficos E.2, E.5, E.8, E.11 apresentam os gráficos normal de probabilidades para cada um dos experimentos. A partir da análise desses gráficos, concluímos que não há evidências de violação da suposição de normalidade.

A partir dos Gráficos E.3, E.6, E.9, E.12 podemos verificar a validade da suposição de homoscedasticidade.

5. Conclusões

5.1. Experimento I

A partir dos resultados do Experimento I, podemos concluir que o tempo médio de reação é menor quanto maior o Tamanho do estímulo.

A Situação Válida, onde há o direcionamento da atenção do indivíduo, apresenta um menor tempo médio de reação do que a Situação Neutra, onde o indivíduo não recebe nenhuma pista referente à localização do estímulo na tela. A Situação que apresenta maior tempo médio de reação é a Situação Inválida, o que parece ser bastante razoável, já que o indivíduo direciona sua atenção para um quadrante da tela e o estímulo aparece em outro quadrante.

Quanto à Excentricidade, o tempo médio de reação é menor para a Excentricidade Média do que para a Maior, não havendo diferenças entre os tempos médios de reação para a Excentricidade Menor e as Excentricidades Média e Maior.

5.2. Experimento II

Concluimos que, quanto maior o Tamanho do estímulo, menor o tempo de reação. Não há evidências de diferenças entre os tempos médios de reação para as Excentricidades Parafoveal, Menor e Média. Além disso, o tempo médio de reação é maior para a Excentricidade Maior do que para as demais excentricidades consideradas.

5.3. Experimento III

Em geral, o tempo médio de reação é menor quanto maior o tamanho do estímulo. O tempo médio de reação é menor quando o indivíduo está sob a condição binocular do que monocular e, é menor quando a posição do estímulo é fixa durante a realização dos testes do que para a posição aleatória.

Apêndice A

Protocolos dos Experimentos

Tabela A1: Protocolo para aplicação do experimento I com relação à excentricidade (menor, média e maior) por sessão

Indivíduo	Sessões						
	1	2	3	4	5	6	7
1	Treino	Menor	Média	Maior	Menor	Média	Maior
2	Treino	Menor	Maior	Média	Menor	Maior	Média
3	Treino	Média	Menor	Maior	Média	Menor	Maior
4	Treino	Média	Maior	Menor	Média	Maior	Menor
5	Treino	Maior	Menor	Média	Maior	Menor	Média
6	Treino	Maior	Média	Menor	Maior	Média	Menor
7	Treino	Menor	Média	Maior	Menor	Média	Maior
8	Treino	Menor	Maior	Média	Menor	Maior	Média
9	Treino	Média	Menor	Maior	Média	Menor	Maior
10	Treino	Média	Maior	Menor	Média	Maior	Menor
11	Treino	Maior	Menor	Média	Maior	Menor	Média
12	Treino	Maior	Média	Menor	Maior	Média	Menor

Tabela A2: Protocolo para aplicação do experimento II

Indivíduo	Sessão				
	1	2	3	4	5
1	Treino	II - B	II - A	II - B	II - A
2	Treino	II - A	II - B	II - A	II - B
3	Treino	II - B	II - A	II - B	II - A
4	Treino	II - A	II - B	II - A	II - B
5	Treino	II - B	II - A	II - B	II - A
6	Treino	II - A	II - B	II - A	II - B
7	Treino	II - B	II - A	II - B	II - A
8	Treino	II - A	II - B	II - A	II - B

Tabela A3: Protocolo para aplicação do experimento III, com relação ao quadrante (fixo ou aleatório) e à ocularidade por sessão

Indivíduo	Ocularidade				
	Binocular	Monocular		Binocular	
	1	2	3	4	5
1	Treino	Fixo	Aleatório	Fixo	Aleatório
2	Treino	Aleatório	Fixo	Aleatório	Fixo
3	Treino	Fixo	Aleatório	Fixo	Aleatório
4	Treino	Aleatório	Fixo	Aleatório	Fixo
5	Treino	Fixo	Aleatório	Fixo	Aleatório
6	Treino	Aleatório	Fixo	Aleatório	Fixo
7	Treino	Fixo	Aleatório	Fixo	Aleatório
8	Treino	Aleatório	Fixo	Aleatório	Fixo

Apêndice B

Tabelas