Universidade do Minho
Escola de Ciências

Marta Gama Lima Macedo Pimenta

Relação entre os Movimentos Oculares e o Resultado de Testes de Desenvolvimento Cognitivo numa População Escolar

outubro de 2025

Relação entre os Movimentos Oculares e o Resultado de Testes de Desenvolvimento Cognitivo numa População Escolar
Marta Gama Lima Macedo Pimenta
UMinho | 2025

Universidade do Minho
Escola de Ciências

Marta Gama Lima Macedo Pimenta

Relação entre os Movimentos Oculares e o Resultado de Testes de Desenvolvimento Cognitivo numa População Escolar

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Optometria Avançada

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Jorge Manuel Martins Jorge
Universidade do Minho
e da
Doutora Ana Paula Duarte Pinto de Azevedo
Centro Neurosensorial

outubro de 2025

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações CC BY-NC-ND

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Agradecimentos

A conclusão deste trabalho representa o culminar de uma etapa desafiante e enriquecedora, que só foi possível graças ao apoio e incentivo de várias pessoas e instituições, às quais expresso o meu mais sincero agradecimento.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus orientadores, Prof. Doutor Jorge Manuel Martins Jorge e Doutora Ana Paula Pinto de Azevedo, pelo acompanhamento atento e pelo conhecimento partilhado. A sua orientação e incentivo foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Um agradecimento especial ao Centro Neurosensorial de Braga, pelo fornecimento dos dados que tornaram possível esta investigação. Em particular, agradeço à Tamara e à Ângela, pela sua disponibilidade, colaboração e apoio fundamental ao longo deste processo. O vosso contributo foi essencial para a concretização deste estudo.

Aos meus colegas de curso e amigos, que ao longo desta jornada foram uma fonte de motivação, troca de ideias e apoio incondicional. O vosso companheirismo tornou este percurso mais leve e gratificante.

Por fim, à minha família, pelo amor incondicional, paciência e apoio inestimável. O vosso incentivo foi essencial em todos os momentos deste percurso académico e pessoal.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação, o meu mais sincero agradecimento.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

O presente estudo teve como objetivo investigar a relação entre a eficiência dos movimentos oculares e o desempenho em testes de desenvolvimento cognitivo numa população escolar. Foi conduzido um estudo observacional, retrospetivo e transversal, baseado em dados secundários recolhidos pelo Centro Neurossensorial de Braga, envolvendo 208 crianças dos 6 aos 14 anos. A avaliação incluiu: o *Developmental Eye Movement Test* (DEM); o subteste Código da Terceira Edição da Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças (WISC-III); o teste de Wilkins (velocidade de leitura); e os subtestes de Nomeação Rápida, Cancelamento de Sinais e Trilhas (A e B), pertencentes à Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra (BANC).

A análise estatística recorreu a correlações de Pearson e Kendall Tau, bem como aos testes ANOVA e Kruskal-Wallis, considerando um nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados revelaram correlações de magnitude fraca a moderada entre o tipo de disfunção oculomotora (identificado pelo teste DEM) e o desempenho nas provas cognitivas. De forma geral, verificou-se que participantes com maior eficiência nos movimentos oculares apresentaram melhor desempenho nas várias provas realizadas. As disfunções oculomotoras associaram-se a resultados inferiores em tarefas que exigem atenção, velocidade de processamento e leitura.

Estes achados reforçam a importância da motilidade ocular no desempenho cognitivo e académico, evidenciando que alterações nos movimentos oculares podem comprometer competências essenciais para a aprendizagem. Conclui-se que a avaliação dos movimentos oculares deve integrar práticas educacionais e clínicas, permitindo a deteção precoce de dificuldades visuais e a implementação de estratégias de intervenção mais eficazes.

Palavras-chave: movimentos oculares; Developmental Eye Movement test (DEM); desempenho cognitivo; atenção visual; velocidade de leitura; *eye tracking*.

Abstract

The present study aimed to investigate the relationship between eye movement efficiency and performance on developmental cognitive tests in a school-aged population. An observational, retrospective, cross-sectional study was conducted based on secondary data collected by the Centro Neurossensorial de Braga, involving 208 children aged 6 to 14 years. The assessment included: the Developmental Eye Movement Test (DEM); the Coding subtest of the Third Edition of the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-III); the Wilkins Test (reading speed); and the Rapid Naming, Cancellation and Trail Making (A and B) subtests from the Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra (BANC).

Statistical analysis employed Pearson and Kendall Tau correlations, as well as ANOVA and Kruskal-Wallis tests, considering a significance level of $p < 0.05$. The results revealed weak to moderate correlations between the type of oculomotor dysfunction (identified by the DEM test) and performance on cognitive tests. Overall, participants with greater oculomotor efficiency achieved higher performance across the different assessments. Oculomotor dysfunctions were associated with lower scores in tasks requiring attention, processing speed, and reading.

These findings reinforce the importance of ocular motility in cognitive and academic performance, showing that alterations in eye movements can compromise essential learning-related skills. It is concluded that the assessment of eye movements should be integrated into educational and clinical practices to enable the early detection of visual difficulties and the implementation of more effective intervention strategies.

Keywords: eye movements; Developmental Eye Movement Test (DEM); cognitive performance; visual attention; reading speed; eye tracking.

Índice

Agradecimentos ..... **iii**

Resumo ..... **v**

Abstract ..... **vi**

Índice de Figuras ..... **x**

Índice de Tabelas ..... **xiii**

Abreviaturas e Acrónimos ..... **xiv**

Capítulo 1. Introdução **15**

1.1. Contextualização 15

1.2. Contribuições Esperadas 15

1.3. Estrutura da Dissertação 16

Capítulo 2. Revisão da Literatura **17**

2.1. Introdução ao Sistema Visual 17

2.1.1. O Núcleo Geniculado Lateral e a Organização do Córtex Cerebral 18

2.1.2. Vias Geniculada e Extrageniculada 19

2.2. Movimentos Oculares 20

2.2.1. Movimentos Oculares de Versão 20

2.2.2. Movimentos Oculares de Vergência 21

2.2.3. Outros Movimentos Oculares 21

2.2.4. Testes de Avaliação dos Movimentos Oculares 22

2.3. Cognição 26

2.3.1. O Conceito de Cognição 26

2.3.2. Cognição em Contexto Escolar 27

2.3.3. Testes de Desenvolvimento Cognitivo 28

2.4. Relação entre Movimentos Oculares e Cognição em Contexto Escolar 34

2.4.1. O Processo de Leitura 34

2.4.2. Avaliação da Eficiência de Leitura 35

2.4.3. Problemas de Aprendizagem 35

Capítulo 3. Objetivos e Hipóteses de Estudo **38**

3.1. Formulação do Problema 38
3.2. Objetivos 38
3.3. Hipóteses 39
Capítulo 4. Material e Métodos 40
4.1. Tipo de Estudo 40
4.2. Seleção da Amostra 40
4.3. Testes Realizados e Procedimentos Experimentais 41
4.3.1. Teste *Developmental Eye Movement* 42
4.3.2. Código A e B 43
4.3.3. Teste de Wilkins 44
4.3.4. Nomeação Rápida 44
4.3.5. Cancelamento de Sinais (2 e 3) 45
4.3.6. Trilhas (Testes A e B) 46
4.4. Análise Estatística 47
Capítulo 5. Resultados 49
5.1. Estatística Descritiva 49
5.1.1. Caracterização da Amostra 49
5.1.2. Análise dos Dados Obtidos 51
5.1.3. Estudo de Normalidade 58
5.2. Estatística Inferencial 59
5.2.1. Relação Entre o Tipo de Disfunção e o Número de Fixações na Prova de Nomeação Rápida 60
5.2.2. Relação Entre o Tipo de Disfunção e o Desempenho no Subteste Código 61
5.2.3. Relação Entre o Tipo de Disfunção e a Velocidade de Leitura 62
5.2.4. Relação Entre o Tipo de Disfunção e o Desempenho na Prova de Cancelamento de Sinais 63
5.2.5. Relação Entre o Tipo de Disfunção e o Desempenho nas Provas Trilhas (A e B) 65
Capítulo 6. Discussão 68
6.1. Análise e Interpretação dos Resultados 68
6.2. Limitações do Estudo 72

Capítulo 7. Conclusão 73

7.1. Resumo dos Principais Achados 73

7.2. Contribuições e Implicações 74

Bibliografia 76

Anexos 80

Índice de Figuras

Figura 1- Representação da imagem de um objeto que é focada na retina, que reveste a parte de trás do olho. O grande plano da retina à direita mostra os recetores e outros neurónios que a constituem (Goldstein, 2010). 17

Figura 2- (a) Corte sagital do sistema visual, mostrando as principais estruturas onde ocorre o processamento: o olho, o núcleo geniculado lateral e a área recetora do estímulo visual do córtex; (b) Corte transversal do sistema visual, mostrando como algumas das fibras nervosas se cruzam no quiasma ótico (Goldstein, 2010). 17

Figura 3- Diagrama da segregação funcional do sistema visual dos primatas. MT, lobo temporal médio; V4, área visual 4; LGN, corpo geniculado lateral. 19

Figura 4- Imagem do córtex de primata, mostrando a via ventral ("O quê?"), do lobo occipital para o lobo temporal, e a via dorsal ("Onde?", "Como?"), do lobo occipital para o lobo parietal (Goldstein, 2010). 20

Figura 5- Mapas de calor que mostram as fixações por um grupo de crianças de idade pré-escolar para duas imagens-exemplo. Os mapas de calor mostram os dados de fixação ponderados pela sua duração. As dispersões (branco transparente) mostram todas as primeiras fixações realizadas por todos os sujeitos do grupo. Note-se o aumento do olhar para objetos/mãos tocados e objetos em movimento (Linka et al., 2023). 22

Figura 6- Representação gráfica da distribuição dos participantes segundo o ano escolar frequentado. 49

Figura 7- Representação gráfica da distribuição dos participantes segundo a escola frequentada. 50

Figura 8- Representação gráfica da distribuição dos participantes segundo o género. 50

Figura 9- Histograma da idade dos participantes, com uma linha de densidade que suaviza a distribuição, para visualização do padrão geral. 51

Figura 10- Histograma do número de fixações realizadas pelos participantes durante a prova de Nomeação Rápida. 52

Figura 11- Histograma do resultado em percentil do subteste Código da WISC-III. 52

Figura 12- Histograma do número de acertos da prova Cancelamento de Sinais. 53

Figura 13- Histograma do número de erros da prova Cancelamento de Sinais. 53

Figura 14- Histograma do número de omissões da prova Cancelamento de Sinais..... 54
Figura 15- Histograma do resultado em percentil na prova Cancelamento de Sinais..... 54
Figura 16- Gráfico de pizza do tempo necessário para completar a tarefa de leitura horizontal do teste DEM. 55
Figura 17- Gráfico de pizza do tempo necessário para completar a tarefa de leitura vertical do teste DEM. 55
Figura 18- Gráfico de pizza dos tipos de disfunção segundo os resultados do teste DEM. 56
Figura 19- Histograma da velocidade de leitura em palavras por minuto (Teste de Wilkins). 56
Figura 20- Histograma do tempo de realização da prova Trilhas Parte A, em segundos.. 57
Figura 21- Histograma do resultado da prova Trilhas Parte A em percentil. 57
Figura 22- Histograma do tempo de realização da prova Trilhas Parte B (segundos). 58
Figura 23- Histograma do resultado da prova Trilhas Parte B em percentil. 58
Figura 24- Gráfico boxplot do número de fixações realizadas na prova de Nomeação Rápida, segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM. 61
Figura 25- Gráfico boxplot do resultado obtido no subteste Código, segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM. 62
Figura 26- Gráfico boxplot da velocidade de leitura (teste de Wilkins), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM. 62
Figura 27- Gráfico boxplot do número de erros (Cancelamento de Sinais), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM. 63
Figura 28- Gráfico boxplot do número de acertos (Cancelamento de Sinais), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM. 64
Figura 29- Gráfico boxplot do número de omissões (Cancelamento de Sinais), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM. 64
Figura 30- Gráfico boxplot do resultado em percentil (Cancelamento de Sinais), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM. 65
Figura 31- Gráfico boxplot do resultado em percentil da Parte A (Trilhas), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM. 65
Figura 32- Gráfico boxplot do resultado em percentil da Parte B (Trilhas), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM. 66

Figura 33- Gráfico boxplot do tempo de execução, em segundos, da Parte A (Trilhas), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM. 67
Figura 34- Gráfico boxplot do tempo de execução, em segundos, da Parte B (Trilhas), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM. 67
Figura 35- Subteste C do teste DEM, de leitura horizontal. 80
Figura 36- Folha de resposta do subteste Código A. 81
Figura 37- Folha de resposta do subteste Código B. 81
Figura 38- Texto do teste de Wilkins. 82
Figura 39- Estímulo apresentado ao participante na prova de nomeação rápida de cores (RAN de cores). 83
Figura 40- Estímulo apresentado ao participante na prova de nomeação rápida de formas e cores (RAS). 83
Figura 41- Folha de resposta da prova Cancelamentos de 2 sinais (BANC). 84
Figura 42- Folha de resposta da prova Cancelamento de 3 sinais (BANC). 84
Figura 43- Folha de resposta da Parte A da prova Trilhas (BANC). 85
Figura 44- Folha de resposta da Parte B da prova Trilhas (BANC). 85

Índice de Tabelas

Tabela 1- Aspetos importantes da avaliação da oculomotricidade: movimento ocular avaliado e respetivos testes. NSUCO, Northeastern State University College of Optometry (Scheiman & Wick, 2014). 23

Tabela 2- Categorização em tipos (I, II, III e IV) segundo o teste DEM e respetivos perfis de desempenho. 25

Tabela 3- Instrumentos de avaliação mais utilizados pelos psicólogos portugueses na sua prática profissional em crianças. Estes instrumentos são de natureza diversificada (testes, escalas) e abrangem os domínios da inteligência e funções cognitivas específicas (Simões et al., 2024). 29

Tabela 4- Subtestes verbais e de realização da Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças (WISC). 30

Tabela 5- Subtestes da Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra (BANC) e a respetiva função avaliada. 32

Tabela 6- Os testes realizados aos participantes e as respetivas funções a avaliar. 42

Tabela 7- Tipos de disfunção segundo o teste DEM e as suas características em relação ao tempo vertical (TV), tempo horizontal ajustado (THA) e à razão (Rc). 43

Tabela 8- Valores normativos do teste de Cancelamento de Sinais, por idade e tipo de prova, adaptados das normas portuguesas da BANC (Simões et al., 2016). 46

Tabela 9- Valores normativos da prova Trilhas A, adaptados das normas portuguesas da BANC (Simões et al., 2016). 47

Tabela 10- Valores normativos da prova Trilhas B, adaptados das normas portuguesas da BANC (Simões et al., 2016). 47

Tabela 11- Classificação de cada variável por tipo e escala. 48

Tabela 12- Resumo estatístico das variáveis quantitativas. 51

Tabela 13- Análise de normalidade: resultados do teste de Shapiro–Wilk. 59

Tabela 14- Correlações entre o tipo de disfunção segundo o teste DEM e as variáveis de desempenho. 60

Tabela 15- Comparação entre os grupos de disfunção identificadas pelo teste DEM. 60

Abreviaturas e Acrónimos

DEM: Developmental Eye Movement

NGL: Núcleo geniculado lateral

NSUCO: Northeastern State University College of Optometry

EOG: Eletro-oculografia

POG: Foto/vídeo-oculografia

WISC-III: Terceira Edição da Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças

BANC: Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra

TNDs: Transtornos do Neurodesenvolvimento

TDAH: Transtorno de défice de atenção/hiperatividade ()

TEAp: Transtornos específicos da aprendizagem

Capítulo 1. Introdução

1.1. Contextualização

Nas últimas décadas, estudos sobre habilidades cognitivas em crianças oferecem importantes contributos para o campo da educação, permitindo a criação de práticas pedagógicas em conformidade com as demandas do ensino e o funcionamento cognitivo das crianças. Assim, o avanço da ciência cognitiva tem vindo a influenciar práticas educacionais em sala de aula através da adoção de intervenções baseadas em evidências para tornar a aprendizagem mais eficaz (Houdé & Borst, 2022).

Em particular, o estudo da relação entre os movimentos oculares e o desempenho cognitivo em contexto escolar tem despertado um crescente interesse na comunidade científica. A eficiência dos movimentos oculares desempenha um papel crucial em tarefas visuais, especialmente no processo de leitura. Desta forma, sabe-se que disfunções oculomotoras podem afetar diretamente o desempenho académico da criança, influenciando áreas como a atenção e memória (Scheiman & Wick, 2014).

Com a introdução de tecnologias avançadas, como o sistema de *eye tracking*, é possível obter uma análise mais detalhada dos padrões de movimento ocular durante a realização de tarefas de elevada exigência cognitiva (Scheiman & Wick, 2014). Estas tecnologias permitem que profissionais de saúde e educação identifiquem dificuldades precoces, podendo adaptar intervenções educativas de forma mais rigorosa, especialmente em populações escolares.

1.2. Contribuições Esperadas

O presente estudo tem como objetivo geral investigar se a qualidade dos movimentos oculares, avaliada por testes padronizados, está associada ao desempenho em tarefas cognitivas (p. ex.: leitura, atenção e memória) em crianças em idade escolar (6 a 14 anos).

De forma mais específica, este estudo pretende: (1) avaliar a qualidade dos movimentos oculares dos participantes, utilizando o teste DEM; (2) medir o desempenho em competências cognitivas fundamentais para a aprendizagem escolar (leitura, atenção visual e memória) através

de provas psicométricas validadas para a faixa etária em estudo; (3) examinar as correlações entre os indicadores de desempenho nos testes oculomotores e os resultados obtidos nas tarefas cognitivas; (4) comparar o desempenho entre diferentes grupos; (5) analisar o potencial preditivo da qualidade dos movimentos oculares relativamente a dificuldades de aprendizagem e ao sucesso escolar.

A relevância deste trabalho reside no contributo para a compreensão da relação entre o desenvolvimento visual e o desempenho cognitivo em contexto académico. A identificação de possíveis associações entre dificuldades oculomotoras e fraco rendimento em leitura, atenção ou memória poderá oferecer novas perspetivas para práticas pedagógicas e terapêuticas, favorecendo intervenções mais precoces e ajustadas às necessidades das crianças.

1.3. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação segue uma estrutura lógica, organizada e sequencial, iniciando no Capítulo 2 a revisão da literatura sobre a cognição e os movimentos oculares. Neste capítulo exploram-se teorias e estudos prévios que estudam como estes dois temas se relacionam no contexto educacional. O Capítulo 3 apresenta os objetivos e hipóteses de estudo. No Capítulo 4, são descritos os materiais e métodos utilizados, incluindo a caracterização da amostra e os testes aplicados. Por sua vez, o Capítulo 5 expõe os resultados obtidos, seguindo-se pela discussão dos mesmos no Capítulo 6. Assim, os dados são interpretados à luz da literatura existente. Finalmente, o Capítulo 7 apresenta as conclusões do estudo, destacando as implicações para a teoria e prática clínica.

Capítulo 2. Revisão da Literatura

2.1. Introdução ao Sistema Visual

A visão começa quando a luz visível é refletida de um objeto para o olho. Na retina humana existem células fotorrecetoras (cones e bastonetes) que contêm fotopigmentos que transformam a luz em sinais bioelétricos (Figura 1). São os axónios das células ganglionares da retina que formam o nervo ótico, que conduz os sinais da retina até ao córtex. Como representado na Figura 2, os principais componentes da projeção retinofugal são, por ordem: o nervo ótico, o quiasma ótico e o núcleo geniculado lateral (NGL). Chegando ao córtex visual, os sinais bioelétricos são processados, ocorrendo a perceção do objeto (Goldstein, 2010).

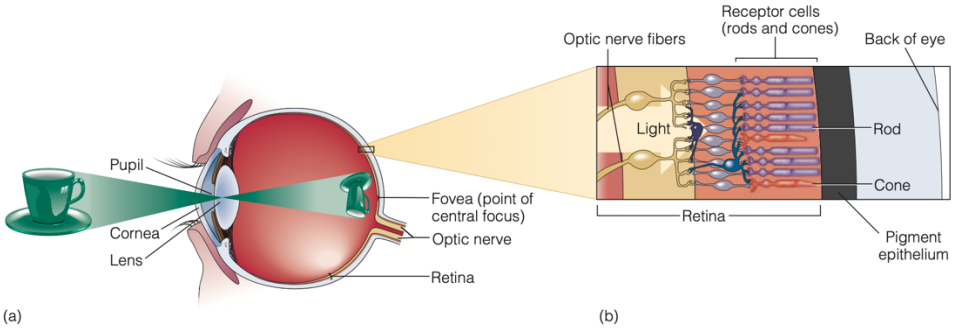


Figura 1- Representação da imagem de um objeto que é focada na retina, que reveste a parte de trás do olho. O grande plano da retina à direita mostra os recetores e outros neurónios que a constituem (Goldstein, 2010).

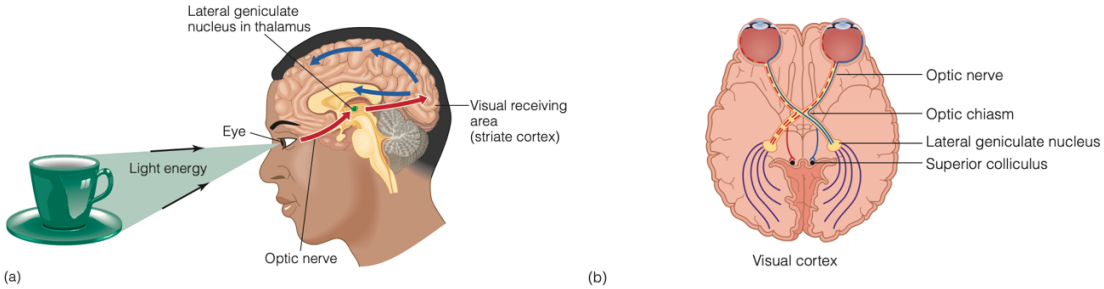


Figura 2- (a) Corte sagital do sistema visual, mostrando as principais estruturas onde ocorre o processamento: o olho, o núcleo geniculado lateral e a área recetora do estímulo visual do córtex; (b) Corte transversal do sistema visual, mostrando como algumas das fibras nervosas se cruzam no quiasma ótico (Goldstein, 2010).

2.1.1. O Núcleo Geniculado Lateral e a Organização do Córtex Cerebral

O processamento da informação visual ocorre de forma paralela, dividindo-se nos sistemas magnocelular e parvocelular. Estes sistemas estabelecem a ligação entre a retina e o córtex visual, passando pelo NGL, que recebe projeções diretas das células ganglionares da retina e organiza as informações em camadas distintas (Livingstone & Hubel, 1988). A organização dessas vias visuais pode ser observada na Figura 3.

As camadas magnocelulares (representadas a preto na Figura 3) recebem *input* das células ganglionares M, sendo responsáveis pelo movimento, alto contraste e perceção temporal rápida. Caracterizam-se também pela baixa resolução espacial e ausência de seletividade para cores. Por sua vez, as camadas parvocelulares do NGL (representadas em branco na Figura 3) recebem projeções das células ganglionares P. São responsáveis pelo processamento de cores e detalhes finos, tendo alta resolução espacial. O processamento de estímulos é mais lento e sensível a baixos contrastes (Livingstone & Hubel, 1988).

O estímulo segue para o córtex visual primário (V1), onde a informação é processada em camadas específicas antes de ser distribuída para áreas visuais superiores, como: a área MT (Middle Temporal), especializada na análise do movimento e da estereopsia; a área V4, associada ao processamento avançado da cor e perceção de formas complexas; e a área V2 que atua como uma estação intermediária, separando as informações em módulos distintos para cor, forma e estereopsia (Goldstein, 2010).

Em suma, a organização do NGL e do córtex visual primário reflete a complexidade do processamento visual. As vias magnocelular e parvocelular desempenham papéis distintos e complementares na perceção do estímulo visual. A compartimentação do estímulo continua em áreas visuais superiores, que integram e refinam a perceção de cor, forma, profundidade e movimento (Livingstone & Hubel, 1988).

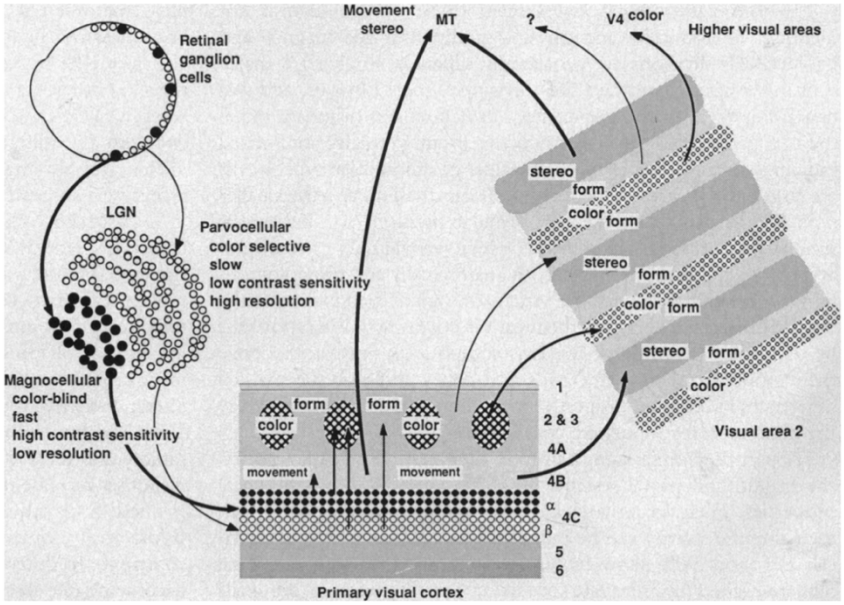


Figura 3- Diagrama da segregação funcional do sistema visual dos primatas. MT, lobo temporal médio; V4, área visual 4; LGN, corpo geniculado lateral.

2.1.2. Vias Geniculada e Extrageniculada

Salienta-se que a informação visual acede ao cérebro através de duas vias principais: geniculada e extrageniculada. Cerca de 90% das fibras do nervo ótico chegam ao NGL (via geniculada), os outros 10% por cento seguem diretamente para diferentes estruturas cerebrais (via extrageniculada) (Goldstein, 2010).

Na via geniculada, os axónios do NGL seguem para o córtex visual primário, especificamente para a área visual V1. Esta área está localizada no lobo occipital (Figura 4). A partir desta área, a informação visual flui para outras áreas corticais, incluindo as áreas visuais V2, V3, V4 e V5. Neste ponto, o fluxo de informação visual pode seguir duas vias corticais diferentes: ventral e dorsal (Goldstein, 2010). A via ventral está relacionada com o reconhecimento objetos (memória visual), formas e cores, estando ligada ao sistema parvocelular. A via dorsal corresponde à perceção do movimento e localização espacial dos objetos, estando ligada ao sistema magnocelular. Estas duas vias visuais são complementares e importantes para a realização de tarefas que requerem reconhecimento espacial e processamento semântico (Coubard et al., 2014; Goldstein, 2010; Li et al., 2020).

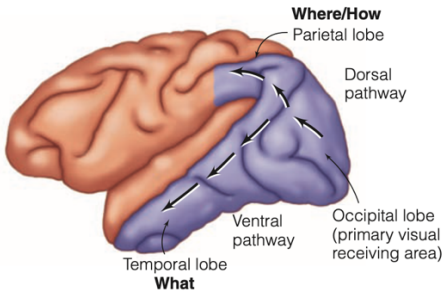


Figura 4- Imagem do córtex de primata, mostrando a via ventral ("O quê?"), do lobo occipital para o lobo temporal, e a via dorsal ("Onde?", "Como?"), do lobo occipital para o lobo parietal (Goldstein, 2010).

Por sua vez, a via extrageniculada caracteriza-se pelos sinais bioelétricos acederem a diferentes estruturas cerebrais sem ocorrerem sinapses no NGL. Entre essas estruturas estão o hipotálamo e o colículo superior. O sistema retino-hipotalâmico está relacionado essencialmente com os efeitos da luz no ciclo circadiano, que regula o ciclo sono/vigília. Já o sistema retino-colicular projeta-se para núcleos no tálamo que se ligam a áreas corticais envolvidas nos movimentos oculares sacádicos (Goldstein, 2010).

2.2. Movimentos Oculares

Os movimentos oculares são fundamentais em todos os processos visuais e, especialmente, nos processos de leitura (Scheiman & Wick, 2014). Estes movimentos podem ser conjugados (ambos os olhos se movem na mesma direção, velocidade e amplitude), designados por versões, e não conjugados (os olhos movem-se em direções opostas), designados por vergências (Benjamin & Borish, 2006).

Em geral, os movimentos oculares têm uma das seguintes funções: apoiar a alta resolução da visão foveal; ou evitar a desfocagem neural das imagens devido ao movimento da imagem na retina (Benjamin & Borish, 2006).

2.2.1. Movimentos Oculares de Versão

Existem dois tipos de movimentos de versão: os movimentos de seguimento e os movimentos sacádicos. Os movimentos de seguimento são suaves e lentos, permitindo que os olhos sigam um objeto em movimento, mantendo a sua imagem na fóvea. Estes movimentos são cruciais para seguir objetos em movimento lento - até cerca de 40 graus por segundo. Em suma, os movimentos de seguimento dão-se através da rotação suave dos olhos, sendo estimulados

quando o observador olha para um alvo em movimento (Benjamin & Borish, 2006; Trattler et al., 2012).

Os movimentos sacádicos são conjugados e rápidos. Ambos os olhos rodam na mesma direção, permitindo a transição do ponto de fixação ocular de um objeto para outro. São os movimentos oculares mais rápidos, atingindo velocidades de até 700 graus por segundo. As sacadas são fundamentais para a leitura - permitem que os olhos se movam rapidamente entre palavras e linhas -, e para a exploração visual do ambiente. Podem ser reflexivos, como resposta ao aparecimento súbito de um alvo no campo visual periférico, ou podem ser puramente voluntários, com ou sem um alvo visível (Benjamin & Borish, 2006; Trattler et al., 2012).

2.2.2. Movimentos Oculares de Vergência

As vergências são movimentos oculares em que os olhos se movem em direções opostas. Os movimentos oculares de vergência, divergência e convergência, são necessários para manter projetado na fóvea um objeto que se afasta ou aproxima, respetivamente. A resposta de vergência dos olhos é determinada por uma combinação de várias inervações de vergência subjacentes, a maioria das quais é evocada por pistas. Estas pistas são caraterísticas identificáveis no ambiente visual e normalmente correlacionam-se com a distância ao alvo, sendo semelhantes às que evocam a perceção da profundidade e da distância (Benjamin & Borish, 2006).

2.2.3. Outros Movimentos Oculares

Outro tipo de movimento complexo é o chamado movimento de procura visual livre, que é altamente dependente da tarefa realizada pelo indivíduo. Ao examinar estímulos complexos, o olho fixa elementos que contêm informações importantes por um período de tempo mais longo (Figura 5), enquanto outros elementos menos relevantes não serão observados com a fóvea (Franchak et al., 2016; Linka et al., 2023). Neste ponto destaca-se a fixação ocular, que se refere à capacidade de os olhos manterem uma imagem estável na fóvea, a área da retina responsável pela visão de alta resolução. A fixação é essencial para a visualização clara de objetos, especialmente durante atividades como a leitura ou observação de detalhes (Benjamin & Borish, 2006).



Figura 5- Mapas de calor que mostram as fixações por um grupo de crianças de idade pré-escolar para duas imagens-exemplo. Os mapas de calor mostram os dados de fixação ponderados pela sua duração. As dispersões (branco transparente) mostram todas as primeiras fixações realizadas por todos os sujeitos do grupo. Note-se o aumento do olhar para objetos/mãos tocados e objetos em movimento (Linka et al., 2023).

Para manter a imagem estável na retina, existem outros movimentos oculares gerados por reflexos vestibulares. Este tipo de movimento é estimulado pelos efeitos da rotação da cabeça no aparelho vestibular do ouvido interno. Esta informação é utilizada para gerar movimentos oculares que contrariam os movimentos da cabeça, estabilizando assim a imagem na retina (Benjamin & Borish, 2006).

2.2.4. Testes de Avaliação dos Movimentos Oculares

A avaliação da motilidade ocular é essencial para identificar eventuais problemas que podem afetar significativamente a visão e a qualidade de vida do paciente, variando de dificuldades de leitura a desordens neurológicas ou vestibulares mais complexas (Benjamin & Borish, 2006).

Na Tabela 1 encontram-se resumidos os aspetos importantes da avaliação da oculomotricidade, incluindo testes padronizados concebidos pela Northeastern State University College of Optometry (NSUCO) (Scheiman & Wick, 2014).

Tabela 1- Aspetos importantes da avaliação da oculomotricidade: movimento ocular avaliado e respetivos testes. NSUCO, Northeastern State University College of Optometry (Scheiman & Wick, 2014).

Testes
Habilidade de fixação
Observação da fixação durante 10 segundos.
Movimentos oculares sacádicos
Developmental eye movement (DEM)
Registo objetivo dos movimentos oculares (Sistemas de *Eye Tracking*)
Testes de observação direta (p. ex.:Teste oculomotor NSUCO)
Movimentos oculares de seguimento
Testes de observação direta (p. ex.:Teste oculomotor NSUCO)

a) Testes de Observação Direta

Para a avaliação dos movimentos oculares sacádicos através de observação direta, pode usar-se o protocolo do teste oculomotor da NSUCO. Neste teste pede-se ao sujeito que se coloque diretamente em frente ao examinador. São utilizados dois alvos, mantidos à distância de Harmon, não superior a 40 cm do sujeito. O examinador segura os alvos de modo que cada um esteja a cerca de 10 cm da linha média do corpo do sujeito e pede-se que este olhe de um alvo para outro, conforme as instruções do examinador. Isto é repetido até que o sujeito faça no total 10 movimentos de fixação nos alvos. Destaca-se que não são dadas instruções ao sujeito para mover ou não a cabeça. O examinador observa os movimentos oculares sacádicos e classifica o desempenho do sujeito nas seguintes categorias: precisão, se o sujeito consegue fixar de forma precisa e consistente, de modo que não seja necessária qualquer movimento de correção percetível; movimento da cabeça e do corpo, se o sujeito consegue efetuar a sacada sem mexer a cabeça ou partes do corpo (Scheiman & Wick, 2014).

Quanto à avaliação dos movimentos de seguimento, segundo o protocolo da NSUCO, pede-se ao sujeito que se coloque diretamente em frente do examinador. É utilizado um alvo que é mantido à distância de Harmon (nunca superior a 40 cm do sujeito). O examinador segura o alvo na linha média do corpo do sujeito e move-o num círculo com um diâmetro inferior a 20 cm. Pede-se ao sujeito que siga o alvo durante a sua deslocação. São efetuadas duas rotações no sentido dos ponteiros do relógio e duas no sentido contrário, sendo que o examinador faz uma varredura horizontal (perpendicular à linha média do corpo) quando muda o sentido das rotações. Não são dadas instruções ao sujeito para mover ou não mover a cabeça. Semelhante ao exame dos movimentos sacádicos, o examinador observa os movimentos oculares de seguimento e classifica

o desempenho do sujeito, conforme a precisão e a existência ou não de movimentos da cabeça ou do corpo (Scheiman & Wick, 2014).

Quanto à estabilidade da fixação ocular, pedir ao sujeito que fixe um alvo durante a avaliação externa inicial ou durante o *cover test* é suficiente para avaliar o estado da fixação. Todos os sujeitos, exceto os muito jovens, ansiosos, hiperativos ou desatentos, devem ser capazes de manter uma fixação precisa, sem movimento observável dos olhos, durante 10 segundos (Scheiman & Wick, 2014).

b) Teste *Developmental Eye Movement*

O teste DEM é uma prova em formato visuo-verbal concebida para avaliar a motilidade ocular em crianças, relacionando a capacidade de leitura com as habilidades oculomotoras. O teste DEM é uma ferramenta clínica usada para avaliar especificamente os movimentos oculares sacádicos e a capacidade de nomeação sequencial de números, dois fatores fundamentais para que haja uma leitura eficiente. Assim, o teste DEM foi desenvolvido para diferenciar problemas oculares relacionados com o movimento dos olhos de dificuldades na nomeação sequencial de números (Elliott, 2007). O teste DEM é composto por três subtestes (Testes A, B e C), que avaliam a capacidade de nomeação visual-verbal e a performance de movimentos sacádicos horizontais e verticais (Baptista et al., 2011).

Para categorizar os resultados e identificar possíveis disfunções oculomotoras de problemas de automatização visual-verbal, no teste DEM utiliza-se a classificação em Tipos I, II, III e IV. Cada tipo reflete um perfil específico de desempenho que ajuda a distinguir entre dificuldades relacionadas aos movimentos oculares e à capacidade de nomeação sequencial de números (Baptista et al., 2011). Esses perfis apresentam-se em detalhe na Tabela 2.

Esta categorização facilita a identificação das causas subjacentes das dificuldades de leitura. Por exemplo, um sujeito classificado como Tipo II pode beneficiar de exercícios que melhorem a coordenação oculomotora, enquanto um sujeito no grupo Tipo III pode precisar de intervenções focadas em melhorar a automatização visual-verbal. Assim, a classificação por tipos no teste DEM permite uma avaliação mais precisa e individualizada, essencial para definir estratégias de intervenção apropriadas que atendam às necessidades específicas do sujeito (Baptista et al., 2011; Medland et al., 2010).

Salienta-se que as normas do teste DEM para diferentes faixas etárias devem ser levadas em consideração, e os resultados devem ser interpretados com base nos parâmetros normativos

(Scheiman & Wick, 2014). Os valores normativos para a população portuguesa estão disponíveis para as diferentes faixas etárias, permitindo uma avaliação específica que considera as variações culturais e linguísticas da população (Baptista et al., 2011).

Tabela 2- Categorização em tipos (I, II, III e IV) segundo o teste DEM e respetivos perfis de desempenho.

Categoria	Perfil
Tipo I	• Função oculomotora e automatização visual-verbal normais, sem indícios de problemas específicos nestes aspetos; • Sujeito não apresenta dificuldades significativas de leitura associadas a problemas de nomeação ou controle dos movimentos oculares (Baptista et al., 2011; Orduna-Hospital et al., 2023).
Tipo II	• Dificuldades específicas com movimentos sacádicos horizontais, o que pode indicar uma disfunção oculomotora; • O sujeito pode ter dificuldade em mover os olhos suavemente de um lado para o outro ao ler, o que afeta a fluidez da leitura (Facchin, 2021; Webber et al., 2011).
Tipo III	• As dificuldades de leitura não estão diretamente relacionadas aos movimentos oculares, mas sim à automatização visual-verbal; • Sujeitos podem ter dificuldade em reconhecer e nomear números rapidamente, o que pode afetar a sua capacidade de leitura em contextos que requerem processamento rápido de informações (Baptista et al., 2011; Medland et al., 2010).
Tipo IV	• Combinação de problemas de automatização e disfunção oculomotora, indicando dificuldades significativas tanto na capacidade de nomeação rápida quanto no controle dos movimentos oculares; • Sujeitos geralmente enfrentam desafios maiores na leitura, pois apresentam problemas tanto no reconhecimento rápido de números quanto na movimentação ocular eficiente (Facchin, 2021; Orduna-Hospital, Hernández-Aranda, et al., 2023).

Embora o teste DEM seja uma ferramenta prática e de fácil aplicação, há debates quanto à sua eficácia diagnóstica. A falta de correlação direta entre o DEM e medidas objetivas dos movimentos oculares sugere que este teste pode ser mais útil para identificar sujeitos em risco de vir a desenvolver problemas de leitura, não para diagnosticar diretamente disfunções oculomotoras (Medland et al., 2010). Assim, é recomendado que profissionais de saúde visual utilizem o teste DEM em conjunto com outras avaliações objetivas para uma análise mais abrangente e eficaz (Facchin, 2021).

c) Sistemas de *Eye Tracking*

No contexto da optometria, a tecnologia de *eye tracking* permite a avaliação mais precisa dos movimentos oculares, fornecendo dados objetivos sobre o comportamento visual do indivíduo (González-Vides et al., 2023). Na literatura existem vários sistemas de *eye tracking*. Os mais comuns são a eletro-oculografia (EOG), a foto/vídeo-oculografia (POG), as lentes de contacto esclerais/sensor indutivo e os sistemas baseados em vídeo (Skaramagkas et al., 2023).

Um *eye tracker* permite registar o movimento dos olhos e localizar para onde o sujeito olha no decorrer de uma tarefa específica (Singh & Singh, 2012). As métricas mais comuns conseguidas através de um *eye tracker* são: o número de fixações, a duração das mesmas, a amplitude e a velocidade dos movimentos sacádicos, a taxa de pestanejo, a amplitude e a duração do pestanejo, e variáveis pupilares (Brunyé et al., 2019; Duchowski, 2017).

O registo objetivo dos movimentos oculares tem várias vantagens em relação à observação direta e aos testes padronizados. É um procedimento objetivo que não depende da perícia do examinador. Exemplos de aparelhos clínicos disponíveis são o Readalyzer e o Visagraph. Estes sistemas são constituídos por óculos de monitorização por infravermelhos e uma unidade de registo, ambos ligados a um computador compatível (Scheiman & Wick, 2014).

A propósito, no presente trabalho, destaca-se o Tobii Eye Tracker 5, um dispositivo *screen-based*, ou seja, projetado para acompanhar os movimentos dos olhos enquanto o usuário observa um ecrã. Essa tecnologia oferece diversas vantagens, como alta precisão na coleta de dados, facilidade de uso sem a necessidade de *wearables*, ao contrário dos dispositivos Readalyzer e Visagraph. Além disso, permite uma análise natural do comportamento visual, sem interferir na experiência do usuário (Tobii Corporate, 2025).

2.3. Cognição

2.3.1. O Conceito de Cognição

A palavra "cognição", do latim *cognitio*, *-ōnis*, define-se como a aquisição de um conhecimento ou a faculdade de conhecer (*Academia das Ciências de Lisboa*, 2001). Mais especificamente, a cognição é um termo que se refere à atividade mental ocorrida durante os processos de aquisição, armazenamento, transformação e utilização de conhecimentos (Chipman, 2017; Matlin & Farmer, 2016). No ser humano, os processos cognitivos são amplamente influenciados pelo desenvolvimento neural e pelas interações sociais e ambientais, o que reflete a natureza dinâmica e complexa da cognição (Houdé & Borst, 2022).

Com o objetivo de compreender a cognição, tanto a humana quanto a considerada de caráter geral e abstrato, a ciência cognitiva utiliza abordagens e metodologias de várias áreas. Algumas das disciplinas associadas à ciência cognitiva são: a linguística, neurociência, filosofia, psicologia, antropologia, inteligência artificial e educação (Chipman, 2017).

A cognição não é apenas um conjunto de processos isolados, mas, sim, um sistema integrado que interage com outras funções, como a perceção e o controle motor. Este sistema integrado possibilita ao ser humano a aplicação de conhecimentos e habilidades em diferentes contextos e, consequentemente, a realização de tarefas complexas e a adaptação a diferentes ambientes. A propósito, as funções executivas relacionam-se com o conceito de cognição na medida em que constituem um conjunto de competências neurocognitivas necessárias para o controlo consciente e organização do pensamento, da ação e emoção (Houdé & Borst, 2022).

As funções executivas gerem e regulam os processos cognitivos, permitindo que estes sejam realizados de maneira mais eficiente e adaptativa. Em termos práticos, esta gestão é crucial para a realização de atividades complexas que exigem planeamento, resolução de problemas, ou adaptação por parte do indivíduo a novas situações. Isto contribui para o sucesso académico e profissional do indivíduo (Houdé & Borst, 2022).

2.3.2. Cognição em Contexto Escolar

Na educação, a compreensão da cognição e de como as habilidades cognitivas se desenvolvem e interagem na criança contribui para desenvolver estratégias de ensino eficazes. Estas estratégias levam a melhorias na compreensão e retenção de informações por parte dos estudantes, podendo influenciar a sua motivação e envolvimento na sala de aula. O conhecimento dos processos cognitivos associados à aprendizagem também permite obter formas de avaliar efetivamente o progresso cognitivo do aluno e identificar áreas que necessitem de maior intervenção (Chipman, 2017).

São várias as teorias e abordagens que explicam como as capacidades cognitivas se desenvolvem desde a infância até à adolescência. Um dos principais modelos de desenvolvimento cognitivo é o de *Jean Piaget*, que propôs que as crianças passam por quatro fases de desenvolvimento cognitivo: o (1) estágio sensório-motor, dos 0 aos 2 anos; a (2) fase pré-operacional, dos 2 aos 7 anos; a (3) fase de operações concretas, dos 7 aos 11 anos; e a (4) fase de operações formais (abstratas), dos 11 aos 14 anos. Assim, as crianças desenvolvem as suas habilidades cognitivas através da sequência dos estágios mencionados, cada um caracterizado por diferentes capacidades de pensamento (Houdé & Borst, 2022).

Contudo, a literatura recente desafia e expande a teoria de Piaget, sugerindo que o desenvolvimento cognitivo não é linear e que as crianças podem exibir habilidades cognitivas mais

avançadas em idades mais jovens do que previsto. Assim, sugere-se que as crianças utilizam uma combinação de heurísticas rápidas (pensamento intuitivo) e algoritmos lentos (pensamento analítico) desde cedo, e que o controle cognitivo e a capacidade de inibir respostas impulsivas (funções executivas) desempenham papéis cruciais no desenvolvimento dessas habilidades (Houdé & Borst, 2022). Além da teoria de Piaget, teorias como a de Vygotsky e abordagens neuropsicológicas mais recentes sugerem que o desenvolvimento cognitivo pode ser mais influenciado por fatores culturais e ambientais.

Desta forma, o desenvolvimento cognitivo é um sistema dinâmico e não linear, onde diferentes estratégias cognitivas se desenvolvem de maneira não uniforme, com momentos de progresso rápido e outros de estagnação ou retrocesso, sendo também importante considerar a interação entre fatores biológicos, cognitivos e ambientais ao longo do tempo (Houdé & Borst, 2022).

2.3.3. Testes de Desenvolvimento Cognitivo

A realização de testes de desenvolvimento cognitivo é essencial para identificar na criança possíveis dificuldades que possam ser abordadas precocemente através de intervenções educativas personalizadas. Desta forma, os profissionais de educação podem proporcionar estratégias de ensino mais eficazes, que atendem às necessidades individuais dos estudantes (Chipman, 2017; Houdé & Borst, 2022).

A avaliação da cognição envolve a aplicação de diferentes métodos e instrumentos para medir habilidades cognitivas, como memória, atenção, linguagem, raciocínio e funções executivas. Em Portugal estão validados vários instrumentos para a avaliação dos diferentes aspetos da cognição, sendo que os mais utilizados pelos psicólogos portugueses estão apresentados na Tabela 3 (Simões et al., 2024).

Tabela 3- Instrumentos de avaliação mais utilizados pelos psicólogos portugueses na sua prática profissional em crianças. Estes instrumentos são de natureza diversificada (testes, escalas) e abrangem os domínios da inteligência e funções cognitivas específicas (Simões et al., 2024).

Instrumentos de Avaliação
Escalas de inteligência
Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças (WISC, WISC-R, WISC- III, WISC-IV, WISC-V)
Escala de Inteligência de Wechsler para a Idade Pré-escolar e Primária (WPPSI-R, WPPSI-III, WPPSI-IV)
Testes de raciocínio
Matrizes Progressivas de Raven (SPM/PM38)
Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (CPM/CPM-P)
Bateria de Testes de Raciocínio (Diferencial) (BPRD/BPR)
Aptidões Mentais Primárias (PMA)
Testes neuropsicológicos de avaliação de funções cognitivas (p. ex.: memória, atenção ou funções executivas)
Figura Complexa de Rey (FCR)
Teste de Atenção (d2)
Bateria de Aptidões para a Aprendizagem Escolar (BAPAE)
Teste Guestáltico Visomotor de Bender (Bender)
Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra (BANC)
Teste de Barragem de Toulouse e Piéron (TP)
O Rei – Teste de Fluência e Precisão da Leitura

No presente estudo utilizaram-se quatro subtestes da Terceira Edição da Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças (WISC-III) e da Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra (BANC), que serão em seguida descritos.

a) Terceira Edição da Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças (WISC-III)

Embora tenham sido publicadas novas edições da WISC (-IV e -V), a WISC-III continua a ser a edição mais recente disponível em muitos países, com é o caso de Portugal (Moura et al., 2019). Esta versão tem sido amplamente utilizada em estudos neuropsicológicos e em diagnósticos de crianças com dificuldades de aprendizagem, lesões cerebrais e outros transtornos cognitivos (Simões, 2002).

A WISC-III é utilizada para avaliar a inteligência nas crianças, especialmente em contextos clínicos e educacionais. Avalia diferentes domínios cognitivos, como compreensão verbal, organização percetiva, memória de trabalho e velocidade de processamento. Esta escala inclui onze subtestes, seis verbais e cinco não verbais (de realização) (Wechsler, 2003).

Em termos de análise dos resultados, o desempenho dos sujeitos pode ser sintetizado em três resultados compósitos, identificados como QI Verbal, QI de Realização e QI da Escala Completa, cuja análise permite: determinar a qualidade do desempenho do indivíduo relativamente a um conjunto de aptidões intelectuais; e obter índices complementares, identificados a partir de análises fatoriais dos resultados no conjunto de subtestes (Wechsler, 2003).

Tabela 4- Subtestes verbais e de realização da Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças (WISC).

Subtestes
Verbais
Informação
Semelhanças
Aritmética
Vocabulário
Compreensão
Memória de Dígitos*
De realização
Completamento de Gravuras
Código
Disposição de Gravuras
Cubos
Composição de Objetos
Pesquisa de Símbolos
Labirintos

i) Subteste Código (A e B)

No presente estudo, os participantes apenas realizaram o subteste Código da WISC-III. Neste subteste a tarefa da criança é associar rapidamente figuras geométricas (Código A) ou números (Código B) a símbolos específicos dentro de um período de tempo, memorizando essas associações (Wechsler, 2003).

Este subteste é utilizado para medir a rapidez com que a criança processa informações visuais e a sua habilidade de traduzir as informações recebidas numa resposta motora adequada (Moura et al., 2014). Desta forma, a prova avalia a capacidade de aprendizagem automática, de análise, e organização rápida e correta da informação visual simples, assim como a atenção, concentração e coordenação motora fina (Prifitera et al., 2005; Simões, 2002).

Desempenhos baixos no subteste Código podem refletir dificuldades em tarefas que exigem velocidade de processamento e atenção sustentada. Em estudos com crianças com transtornos

do neurodesenvolvimento (TNDs), como dislexia e transtorno do défice de atenção/hiperatividade (TDAH), tem-se observado que estas crianças apresentam frequentemente desempenho inferior neste subteste, o que reflete déficits nas habilidades de processamento rápido e na memória de trabalho (Moura et al., 2014, 2019).

O subteste Código também é frequentemente relacionado à avaliação de habilidades de processamento automático e memória cinestésica. Desempenhos baixos podem estar associados igualmente a dificuldades na reprodução de sequências motoras ou a problemas de memória gestual, como observado em crianças com dispraxia ou problemas neuromotores (Simões, 2002). Em suma, o desempenho neste subteste pode ser influenciado pela memória visual de curto prazo, atenção ou coordenação visual-motora (Prifitera et al., 2005).

Neste estudo, ao aplicar-se apenas o subteste Código, pretende-se medir principalmente a velocidade de processamento e as habilidades motoras. Desta forma, destaca-se que não se está a avaliar as outras áreas da inteligência, como a compreensão verbal ou organização precetiva que a WISC-III permite avaliar. Assim, as conclusões retiradas serão limitadas às funções avaliadas (Moura et al., 2019; Simões, 2002).

b) Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra (BANC)

Por sua vez, a BANC é um instrumento de avaliação exaustivo que permite avaliar diferentes funções do desenvolvimento neuropsicológico das crianças. Pode ser útil no diagnóstico de uma variedade de perturbações do neurodesenvolvimento e na identificação dos pontos neuropsicológicos considerados fortes e fracos. A BANC pode também facilitar o processo de decisão sobre a elegibilidade da criança para integrar o ensino especial e/ou os programas de formação neurocognitiva (Moura et al., 2018).

Tabela 5- Subtestes da Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra (BANC) e a respetiva função avaliada.

Subtestes
Memória
Lista de Palavras
Memória de Histórias
Reconhecimento de Faces
Figura Complexa de Rey
Tabuleiro de Corsi
Linguagem
Consciência Fonológica (Eliminação e Substituição)
Nomeação Rápida
Compreensão de Instruções
Atenção/ funções executivas
Cancelamento (2 e 3 sinais)
Trilhas (adaptação do Trail Making Test A e B)
Fluência Verbal (Semântica e Fonémica)
Torre
Motricidade
Tabuleiro de Motricidade (adaptação do Purdue Pegboard Test)
Lateralidade
Questionário e grelha de observação
Orientação
Questionário de orientação

Neste estudo realizaram-se apenas os subtestes de Nomeação Rápida, Trilhas (Parte A e B) e Cancelamento (2 e 3 sinais) da BANC.

i) Subteste de Nomeação Rápida

Na prova de Nomeação Rápida solicita-se ao sujeito que nomeie, o mais rapidamente possível, 50 estímulos visuais que lhe são familiares e que se repetem em sequências aleatórias. Estes estímulos podem corresponder a cores, formas e cores, e dígitos. Enquanto na nomeação de cores ou dígitos (estímulos alfanuméricos), o sujeito apenas nomeia estes estímulos, no caso da nomeação de formas e cores (estímulos não alfanuméricos), o sujeito deve nomear essas duas propriedades das imagens apresentadas (Albuquerque & Simões, 2010; Moura et al., 2018). A nomeação de estímulos alfanuméricos exige apenas o processamento fonológico, sendo que os códigos verbais correspondentes aos estímulos são de fácil acesso por parte do sujeito. Por sua vez, a nomeação de estímulos não alfanuméricos exige etapas adicionais e requerer processamento conceitual para estabelecer o significado e, consequentemente, a seleção da

palavra apropriada, antes de o processamento fonológico resultar na articulação de uma resposta (Donker et al., 2016). Estas etapas cognitivas adicionais sugerem que a nomeação de estímulos não alfanuméricos pode muitas vezes necessitar de maior tempo de nomeação, maior duração da fixação ocular e de um número mais elevado de fixações oculares quando comparada com a nomeação de estímulos alfanuméricos (Wang et al., 2023).

ii) Subteste Trilhas (Parte A e B)

O subteste Trilhas é composto por duas partes distintas, em que se pede ao sujeito para traçar uma linha unindo círculos, respetivamente com números ou com letras e números. A parte A da prova avalia a sequenciação visuoespacial e a procura visual rápida. A criança deve traçar uma linha que ligue 25 números circundados distribuídos aleatoriamente numa folha de papel, sequencialmente de 1 a 25. A parte B é mais complexa do que a parte A, porque tem maiores exigências em termos de velocidade motora e de procura visual rápida, e adiciona demandas de flexibilidade cognitiva e alternância entre categorias. Nesta parte, a criança deve traçar uma linha que ligue 25 círculos com números ou letras, distribuídos aleatoriamente numa folha de papel, alternando entre números e letras (1, A, 2, B, etc.) (Moura et al., 2018).

O desempenho no teste Trilhas, em semelhança ao Trail Making Test, envolve múltiplos processos cognitivos, incluindo controle inibitório, velocidade visuomotora, memória de trabalho e atenção. Além disso, estudos mostraram que a memória de trabalho visual influência em grande medida o desempenho nesta tarefa. Assim, participantes que se lembram melhor dos alvos apresentam menos fixações de planeamento, sugerindo que recorrem à memória em vez de procuras visuais repetidas. O controle inibitório também é avaliado nesta prova, pois os participantes precisam de evitar movimentos errôneos da mão quando fixam o olhar num item incorreto (Linari et al., 2022; Recker & Poth, 2023).

Os movimentos oculares desempenham um papel crucial no desempenho da criança nesta tarefa. Estudos mostram que há uma fase crucial de exploração visual que envolve movimentos oculares, prévia à movimentação da mão, permitindo uma varredura da cena antes da execução da tarefa. A comparação entre as partes A e B da tarefa revelou que a parte B exige mais fixações oculares, refletindo a maior complexidade executiva envolvida (Linari et al., 2022).

iii) Subteste Cancelamento (2 e 3 Sinais)

A prova de Cancelamento de Sinais é constituída por 25 linhas com 40 estímulos (quadrados) em cada uma. O sujeito deve identificar e assinalar nas diferentes linhas os quadrados iguais aos quadrados-modelo (apresentados isoladamente no topo da folha de teste), que se apresentam misturados com outros estímulos (Moura et al., 2018).

Este subteste avalia essencialmente a atenção seletiva e sustentada. A eficácia da procura visual do sujeito e, consequentemente, a sua precisão na execução da tarefa são também fatores determinantes no desempenho da tarefa, assim como a velocidade de processamento e capacidade de inibição de estímulo, semelhante ao subteste Trilhas. Normalmente, resultados mais baixos neste teste estão relacionados com desatenção e lentidão global da resposta (Lima et al., 2023; Moura et al., 2018).

2.4. Relação entre Movimentos Oculares e Cognição em Contexto Escolar

Ao contrário das habilidades acomodativas e de visão binocular, que atingem a maturidade muito cedo na infância, o desenvolvimento dos movimentos oculares é mais lento, prolongando-se até aos primeiros anos de escolaridade. Dessa forma, eventuais disfunções nos movimentos oculares podem afetar a criança, incapacitando-a de satisfazer as exigências do ensino escolar. Neste sentido, as disfunções oculomotoras podem afetar significativamente as capacidades funcionais de um indivíduo, particularmente em tarefas que envolvem leitura e processamento de informação visual (Scheiman & Wick, 2014).

2.4.1. O Processo de Leitura

A leitura é um processo cognitivo complexo que requer a interação entre a visão, os movimentos oculares, a atenção e o processamento da linguagem. Um défice em qualquer uma destas funções pode reduzir a eficiência da leitura (Hindmarsh et al., 2021).

Durante a leitura realizam-se movimentos oculares sacádicos, fixações e regressões. Os movimentos sacádicos ocupam cerca de 10% do tempo de leitura, com uma duração média de 25 a 30 milissegundos para sacadas correspondentes a um ângulo visual de 2 graus. As fixações, durante as quais o olho está relativamente parado, têm uma duração média de 200 a 250

milissegundos. As regressões, movimentos da direita para a esquerda, ocorrem em 10% a 20% dos casos em sujeitos com uma leitura eficiente, e podem ocorrer em mais quantidade quando o sujeito ultrapassa o alvo de fixação ou tem dificuldade em entender o texto (Scheiman & Wick, 2014).

Em suma, durante a leitura, os olhos deslocam-se ao longo da linha que está a ser lida pelo sujeito, realizando-se uma série de movimentos sacádicos separados uns dos outros por pequenas pausas, as fixações (Gila et al., 2009). Uma vez estabelecida a fixação num ponto, ocorre o reconhecimento dos caracteres e a compreensão do que está a ser lido. Estes processos ocorrem continuamente durante as atividades de escrita, leitura e outras atividades que exijam reconhecimento de texto e compreensão do seu significado.

Os movimentos sacádicos são importantes nos processos de atenção visuoespacial e na leitura. A fluência na leitura pode ser obtida com a prática regular dos movimentos oculares (Leong et al., 2014).

2.4.2. Avaliação da Eficiência de Leitura

Neste ponto destaca-se o teste de Wilkins, que procura avaliar a velocidade de leitura do sujeito, determinando o número de palavras lidas num minuto. Durante o teste, os participantes leem um conjunto de palavras organizadas de forma aleatória, sem nexo textual, que procura simular um texto em prosa. Desta forma, a leitura não está sujeita a quaisquer restrições semânticas ou sintáticas, mas requer todos os processos visuais e viso-percetuais utilizados habitualmente na leitura. As palavras utilizadas nesta prova têm uma alta taxa de frequência na língua portuguesa, sendo conhecidas pelas crianças a partir dos sete anos. Neste teste a disposição das palavras cria propositadamente um padrão de linhas com o objetivo de provocar desconforto visual. Desta forma, obtém-se uma medida da velocidade de leitura baseada especificamente em fatores visuais e oculomotores (Gilchrist et al., 2021; Wilkins et al., 1996).

2.4.3. Problemas de Aprendizagem

Os transtornos específicos da aprendizagem (TEAp) inserem-se nos TNDs, podendo comprometer: a (1) precisão, velocidade, fluência ou compreensão da leitura (dislexia); a (2) clareza ou organização da expressão escrita, ou precisão na ortografia, gramática e pontuação (disortografia); e a precisão no raciocínio matemático, senso numérico, cálculo mental, e o acesso

a factos e procedimentos aritméticos (discalculia). Os TNDs são um grupo de condições, com início no período do desenvolvimento, que se manifestam cedo, geralmente em idade pré-escolar, caracterizados por défices no desenvolvimento que comprometem o funcionamento pessoal, social, académico ou profissional do indivíduo (American Psychiatric Association, 2021).

Alguns indivíduos com TEAp podem ser capazes (aparentemente) de manter um nível adequado de competências académicas, recorrendo a estratégias compensatórias ou através de esforço recorrente e apoios. No entanto, à medida que as exigências académicas aumentam e excedem as suas capacidades (p. ex.: testes cronometrados, trabalhos de leitura ou escrita com prazo de entrega estipulado), as dificuldades de aprendizagem subjacentes tendem a tornar-se evidentes (*ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics*, 2025).

Os TEAp são acompanhados por défices no domínio neurocognitivo, caracterizando-se por dificuldades persistentes em aprender habilidades académicas fundamentais e desempenho abaixo da média para a idade nas habilidades cognitivas afetadas (American Psychiatric Association, 2021). Os TEAp coexistem habitualmente com outros TNDs, como: o TDAH; o transtorno do desenvolvimento da coordenação motora; o transtorno da linguagem; e o transtorno do espetro autista (*ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics*, 2025).

Segundo a literatura, os problemas de visão podem condicionar significativamente a aprendizagem, sendo frequentemente confundidos com TNDs. Em específico, os sintomas da insuficiência de convergência podem dificultar a concentração do indivíduo na leitura prolongada, sobrepondo-se aos sintomas do TDAH (Granet et al., 2005). Os cuidadores de crianças com insuficiência de convergência sintomática referem uma maior frequência de comportamentos semelhantes aos da TDAH: relatam mais comportamentos adversos em relação à escola/tarefas académicas e preocupação com o desempenho escolar quando comparados com crianças com visão binocular normal. Os comportamentos académicos adversos relatados pelos cuidadores incluem dificuldade em completar os trabalhos escolares, evitamento de atividades relacionadas com leitura e estudo, e falta de atenção durante a leitura (Borsting et al., 2016).

Desta forma, o tratamento do problema visual com terapia visual ou a eventual correção do erro refrativo, pode melhorar a atenção e reduzir os problemas de comportamento adverso manifestado pela criança. Consequentemente, reduz também a preocupação associada à leitura e ao trabalho escolar (Borsting et al., 2012).

Por fim, reitera-se que a avaliação dos movimentos oculares nas crianças é de particular importância, nomeadamente nas tarefas de leitura e nas tarefas que exigem atenção visual. Estudos demonstram que sujeitos com má eficiência na leitura apresentam um maior número de fixações e regressões, sendo significativamente mais lentos. Assim, é fundamental ter em conta este facto e realizar uma avaliação visual completa, especialmente em idade escolar (Hindmarsh et al., 2021; Scheiman & Wick, 2014).

Capítulo 3. Objetivos e Hipóteses de Estudo

3.1. Formulação do Problema

Nos últimos anos, tem-se investigado a relação entre habilidades oculomotoras e o desempenho cognitivo em crianças, uma área de estudo que se insere na interface entre neuropsicologia, cognição e visão. O desenvolvimento adequado das habilidades visuais, em especial dos movimentos oculares, é essencial para tarefas cognitivas, como a leitura, a compreensão e processamento de informações visuais. No entanto, ainda há uma lacuna no entendimento detalhado sobre como a eficiência dos movimentos oculares pode influenciar diretamente o desempenho em testes cognitivos padronizados.

O problema central deste estudo reside na investigação de uma possível correlação entre a qualidade dos movimentos oculares em crianças e a sua performance em diversos testes cognitivos. Em específico, este estudo procura identificar se dificuldades oculomotoras podem estar associadas a um desempenho inferior em testes que avaliam a inteligência, atenção e as funções executivas. A relevância desta investigação está no potencial impacto que tais descobertas poderiam ter na identificação precoce de déficits visuais que afetam o desempenho académico, permitindo intervenções mais direcionadas.

3.2. Objetivos

O objetivo geral deste estudo é investigar a relação entre a qualidade dos movimentos oculares das crianças e sua performance em testes de desenvolvimento cognitivo. Pretende-se compreender se há uma correlação significativa entre as habilidades visuais e desempenho cognitivo na amostra de crianças em idade escolar, entre os 4 e os 14 anos.

Os objetivos específicos deste estudo são: (1) avaliar a qualidade dos movimentos oculares das crianças por meio do teste DEM e correlacionar esses resultados com o desempenho em testes cognitivos; (2) analisar o desempenho das crianças em testes de inteligência (WISC) e correlacioná-los com a qualidade dos movimentos oculares; (3) avaliar a velocidade de leitura das

crianças e averiguar a sua relação com a eficiência dos movimentos oculares; (4) examinar a atenção visual e as funções executivas, por meio das provas de cancelamento de sinais e trilhas (incluídas na BANC), e a sua relação com as habilidades oculomotoras; e (5) explorar o uso do sistema de *eye tracking* para quantificar as fixações oculares realizadas pela criança durante a prova de nomeação rápida de cores/ formas e cores (conforme a idade) e correlacionar esses padrões com as habilidades cognitivas das crianças.

3.3. Hipóteses

Com base nos objetivos propostos, as hipóteses a serem testadas neste estudo são mencionadas a seguir.

Hipótese 1: Crianças com movimentos oculares mais eficientes (avaliados pelo teste DEM) apresentam um menor número de fixações durante a prova de nomeação rápida, utilizando tecnologia de *eye tracking* como ferramenta de análise.

Hipótese 2: Existe uma correlação positiva significativa entre a qualidade dos movimentos oculares (avaliada pelo teste DEM) e a pontuação obtida no subteste Código (A e B) da WISC, sendo que crianças que apresentam melhores habilidades visuais demonstram melhor desempenho nesta prova.

Hipótese 3: Crianças com movimentos oculares mais eficientes (avaliados pelo teste DEM) tendem a apresentar uma velocidade de leitura superior, o que evidencia a importância das habilidades visuais para o desempenho em tarefas de leitura.

Hipótese 4: A eficiência dos movimentos oculares (avaliada pelo teste DEM) está correlacionada com o desempenho em testes de atenção visual (prova de cancelamento de sinais da BANC). Especificamente, espera-se que crianças com melhor eficiência visual apresentem melhores resultados nos testes, refletidos por um maior número de acertos, menor número de erros e omissões, além de melhores percentis de desempenho.

Hipótese 5: A eficiência dos movimentos oculares (avaliada pelo teste DEM) está correlacionada com o desempenho em testes que avaliam a alternância entre tarefas (prova Trilhas A e B da BANC). Especificamente, espera-se que crianças com maior eficiência visual apresentem tempos menores de execução e percentis mais altos, o que mostra um melhor desempenho global.

Capítulo 4. Material e Métodos

4.1. Tipo de Estudo

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo observacional retrospetivo, transversal e descritivo, baseado na análise de dados secundários, fornecidos pelo Centro Neurossensorial de Braga. Os dados, originalmente recolhidos durante um rastreio em várias escolas, foram utilizados para explorar as relações entre variáveis específicas, de acordo com os objetivos definidos para esta investigação.

Salienta-se que o estudo não envolveu intervenções diretas, sendo a análise realizada a partir de uma amostra selecionada com base em critérios pré-estabelecidos.

4.2. Seleção da Amostra

A amostra utilizada neste estudo foi obtida a partir de dados fornecidos pelo Centro Neurosensorial, recolhidos previamente durante um rastreio realizado nos Agrupamentos de Escolas dos concelhos de Vila Nova de Famalicão e Barcelos. O rastreio foi conduzido seguindo os próprios protocolos de recolha e armazenamento de informações da instituição, tendo os dados sido recolhidos por psicólogos e optometristas pertencentes à equipa multidisciplinar da do Centro Neurosensorial.

O processo de recolha de dados foi realizado em conformidade com os padrões éticos vigentes, incluindo a obtenção do consentimento informado dos responsáveis legais dos participantes. A utilização destes dados na presente investigação, devidamente autorizada pela própria instituição, limitou-se à sua análise secundária. Os dados foram previamente anonimizados, não tendo ocorrido qualquer intervenção direta com os participantes, nem acesso a informações passíveis de os identificar. Todas as informações foram tratadas de forma confidencial e em estrita observância dos princípios éticos de proteção de dados. Embora o estudo não tenha sido submetido a um Comitê de Ética formal, foram integralmente seguidas as diretrizes constantes da Declaração de Helsínquia (2013).

Após a disponibilização dos dados para o presente estudo, procedeu-se a uma triagem para selecionar a amostra de acordo com os critérios da investigação. A recolha inicial contou com 423 participantes.

Foram incluídos os participantes com idades entre os 6 e os 14 anos e que concluíram integralmente os testes considerados relevantes para os objetivos do estudo. Foram excluídos aqueles que não se enquadravam na faixa etária estabelecida ou que não finalizaram todas as avaliações propostas. Importa salientar que não houve exclusões com base em diagnósticos neurológicos ou cognitivos, nem foram consideradas condições visuais específicas como critério.

Após esta triagem, a amostra final foi composta por 208 alunos, pertencentes a três escolas do concelho de Barcelos.

4.3. Testes Realizados e Procedimentos Experimentais

A seleção dos testes utilizados neste estudo baseou-se na sua pertinência para a avaliação das competências visuais e cognitivas que se pretendiam investigar, bem como na sua validação científica e utilização reconhecida em Portugal. Embora os instrumentos tenham sido definidos pelo Centro Neurosensorial, a escolha revelou-se adequada ao objetivo do presente estudo, uma vez que cada teste avalia dimensões complementares do desempenho cognitivo e oculomotor.

Todos os testes foram aplicados de modo aleatório aos participantes durante o rastreio. Esses testes, conduzidos e validados pelo Centro Neurosensorial, incluem: (1) o teste DEM; (2) o subteste Código da terceira edição da Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças (WISC-III); (3) o teste de Wilkins; (4) o teste de Nomeação Rápida, incluído na BANC; (5) a prova Cancelamento de Sinais (2 e 3) da BANC; e (6) a prova Trilhas (Testes A e B) da BANC. Salienta-se que o teste de Nomeação Rápida foi realizado com recurso a tecnologia de *eye tracking*, de modo a quantificar apenas as fixações realizadas pelos sujeitos durante a prova.

A Tabela 6 resume as principais funções avaliadas em cada teste aplicado.

Tabela 6- Os testes realizados aos participantes e as respetivas funções a avaliar.

Função Avaliada	Teste	Validação (Portugal)
Atenção e funções executivas	Cancelamento de Sinais (2 e 3) (BANC)	Validados (Moura et al., 2024; Simões et al., 2024).
	Trilhas (Testes A e B) (BANC)	
Velocidade de processamento	Nomeação Rápida (BANC)	Validado (Albuquerque, 2012).
	Código A e B (WISC-III)	Validado (Moura et al., 2019).
Leitura	Teste de Wilkins	Adaptação, não validado (Gilchrist et al., 2021; Wilkins et al., 1996).
Movimentos oculares sacádicos	Teste DEM	Validado (Baptista et al., 2011).

No que toca à dinâmica de recolha de dados, os testes DEM, Wilkins, e Trilhas foram realizados a cada participante individualmente. Por outro lado, os testes Código, Nomeação Rápida e Cancelamento de Sinais foram realizados em grupo.

As avaliações foram realizadas em salas devidamente preparadas para garantir condições adequadas à aplicação dos testes. Cada sessão decorreu num ambiente calmo e silencioso, com iluminação uniforme e natural, de modo a evitar sombras ou reflexos que pudessem interferir com as tarefas visuais. As salas encontravam-se isoladas de ruído exterior e de distrações visuais, assegurando a concentração e o conforto dos participantes ao longo da administração das provas. As condições ambientais foram mantidas constantes para todos os participantes, de forma a garantir a padronização do contexto de avaliação e a fiabilidade dos resultados obtidos.

Em seguida, serão abordados os testes detalhada e individualmente.

4.3.1. Teste *Developmental Eye Movement*

Quanto ao seu procedimento, o teste DEM consiste em três partes principais. Na primeira, o Pré-teste, o sujeito lê em voz alta uma linha com 10 números para garantir que é capaz de reconhecer e nomear os números corretamente.

A segunda parte é constituída pelas provas de leitura vertical, os testes A e B (Figura (a) e (b), Anexo I). Esta parte do teste DEM envolve a leitura de números dispostos verticalmente em colunas, sendo que cada teste contém 40 números (20 por coluna) e o tempo de leitura vertical é registado separadamente para o teste A (TVA) e o teste B (TVB). A soma dos tempos dos dois testes representa o tempo vertical total (TV) em segundos (Fórmula 1).

$$\mathrm{TV} = \mathrm{TVA} + \mathrm{TVB} \tag{1}$$

A terceira e última parte é constituída pelo teste de leitura horizontal, o teste C (Figura 35, Anexo I). Nesta parte da prova o sujeito lê 80 números dispostos horizontalmente em 16 linhas de 5 números. O tempo para concluir o teste horizontal (Teste C) é registado como Tempo Horizontal (TH) (Baptista et al., 2011; Facchin, 2021). Os erros cometidos, que podem ser omissões (O), substituições (S) ou adições (A), são anotados e utilizados para ajustar o tempo horizontal, através da Fórmula 2, resultando no tempo horizontal ajustado (THA), em segundos. Por fim, para calcular a razão (Rc) utiliza-se a Fórmula 3 (Facchin & Maffioletti, 2018).

$$\mathrm{THA} = \frac{\mathrm{TH} \times 80}{80 - \mathrm{O} + \mathrm{A}} \tag{2}$$

$$\mathrm{Rc} = \frac{\mathrm{THA}}{\mathrm{TV}} \tag{3}$$

Conforme os valores obtidos do TV, THA e Rc, e considerando a Tabela 7, enquadram-se os participantes nos vários tipos de disfunção (Tipo I, Tipo II, Tipo III e Tipo IV). Para essa categorização foram utilizados os valores normativos do TV, THA e Rc específicos para a população portuguesa (Baptista et al., 2011). Os participantes que não se enquadram em qualquer tipo de disfunção foram registados como "não se enquadra".

Tabela 7- Tipos de disfunção segundo o teste DEM e as suas características em relação ao tempo vertical (TV), tempo horizontal ajustado (THA) e à razão (Rc).

Disfunção	TV	THA	Rc	Descrição
Tipo I	Normal	Normal	Normal	Normal
Tipo II	Normal	Lento	Elevado	Disfunção oculomotora
Tipo III	Lento	Lento	Normal	Problemas de Automatização
Tipo IV	Lento	Lento	Elevado	Misto

4.3.2. Código A e B

O subteste Código da WISC-III foi administrado pelos psicólogos da equipa do Centro Neurosensorial. Neste teste, o participante recebe uma folha de resposta com uma série de quadrados vazios, onde cada quadrado contém um número, e uma chave de símbolos que correspondem a esses números (Prifitera et al., 2005). O examinador orienta o participante a preencher o maior número possível de quadrados, associando corretamente cada número a um símbolo específico, de acordo com a chave fornecida. Durante a tarefa, o examinador controla o tempo e observa o desempenho da criança (Moura et al., 2014; Simões, 2002).

Neste subteste, pede-se ao participante que copie símbolos que estão associados a figuras geométricas (Código A) ou a números (Código B). Utilizando a chave impressa nas folhas de resposta o sujeito deverá desenhar, dentro de cada forma geométrica (Código A), ou por baixo de cada número (Código B), o símbolo correspondente. A pontuação final é determinada pelo número de símbolos corretamente reproduzidos no tempo limite de 120 segundos (Wechsler, 2003).

Quanto à idade de aplicação, dos 6 aos 7 anos os participantes realizam o Código A (Figura 36, Anexo II) e dos 8 aos 16 anos realizam o Código B (Figura 37, Anexo II) (Wechsler, 2003).

Para se obter a pontuação deste subteste, soma-se o número total de respostas corretas (símbolos preenchidos corretamente no tempo dado). Esse resultado é então comparado com os valores normativos da WISC-III para converter a pontuação bruta num resultado ponderado, específico para a idade da criança (Simões, 2002).

4.3.3. Teste de Wilkins

Nesta prova é pedido ao participante que leia (horizontalmente, da esquerda para a direita), o mais rapidamente possível e em voz alta, a série de palavras que constitui o teste de Wilkins (Figura 38, Anexo III).

A leitura é cronometrada durante um minuto e nesse período registam-se as palavras lidas incorreta e corretamente pelo participante. Para o cálculo da velocidade de leitura ($WILK_V$) subtraem-se as palavras lidas incorretamente (P_{INC}) ao número total de palavras (P_{TOT}), segundo a Fórmula 4.

$$\mathrm{WILK_V} = \mathrm{P_{TOT}} - \mathrm{P_{INC}} \quad (4)$$

Assim, o resultado é o número de palavras lidas corretamente pelo participante num minuto.

4.3.4. Nomeação Rápida

Na prova de Nomeação Rápida o participante deve nomear o mais rapidamente possível 50 estímulos visuais que lhe são apresentados (Moura et al., 2018). No presente estudo, os participantes realizaram a prova de nomeação de cores ou formas e cores. Quanto aos estímulos apresentados, a prova de nomeação de cores é composta por círculos de várias cores (amarelo, azul, vermelho, preto e verde) (Figura 39, Anexo IV). Já a de nomeação de formas e cores é

constituída por figuras geométricas (círculo, retângulo, quadrado e triângulo) de várias cores (amarelo, vermelho, preto e verde) (Figura 40, Anexo IV) (Albuquerque, 2012).

A prova de nomeação de cores está adaptada para sujeitos dos 5 aos 6 anos, e a de nomeação de formas e cores para sujeitos dos 7 aos 15 anos (Simões et al., 2016). Neste estudo, a escolha do tipo de estímulo deu-se conforme os participantes conheciam ou não as várias formas geométricas, sendo que todos os participantes que sabiam nomear as várias figuras geométricas realizaram a prova de nomeação de formas e cores.

Esta prova foi realizada com recurso ao dispositivo Tobii Eye Tracker 5 (Tobii Technology AB, Estocolmo, Suécia), colocado na parte inferior do ecrã do computador no qual aparece o estímulo (círculos e/ou outras figuras geométricas de várias cores). Nesta prova contabilizou-se apenas o número total de fixações que o participante realizou durante a tarefa de nomeação rápida.

4.3.5. Cancelamento de Sinais (2 e 3)

A prova Cancelamento de Sinais é constituída no total por 1000 quadrados (25 linhas, com 40 quadrados em cada uma), podendo ter dois (Figura 41, Anexo V) ou três (Figura 42, Anexo V) quadrados-modelo (sinais) colocados no topo da folha. Em cada linha, apenas 10 ou 15 quadrados-alvo são iguais a um dos quadrados-modelo apresentados no topo da folha, consoante se trate da prova de cancelamento de 2 ou 3 sinais, respetivamente. A tarefa do sujeito consiste em assinalar (rodear) os quadrados-alvo iguais aos quadrados-modelo, durante 10 minutos (Moura et al., 2018) (Simões et al., 2016).

O Cancelamento de 2 sinais destina-se a crianças dos 5 aos 9 anos, e o Cancelamento de 3 sinais a crianças dos 10 aos 15 anos (Simões et al., 2016).

Para a correção deste teste deve-se contabilizar: o total de acertos, os quadrados que foram assinalados corretamente; o total de omissões, os quadrados que ficaram por assinalar até ao último quadrado visualizado pelo sujeito; e o total de erros, os quadrados que foram assinalados incorretamente. Após o cálculo do número total de acertos (A), omissões (O) e erros (E), recorre-se à Fórmula 5 para obter-se a pontuação total (PT).

$$\mathrm{PT} = \frac{\mathrm{A} - (\mathrm{O} + \mathrm{E} \times 2 + 1)}{10} \tag{5}$$

A pontuação total obtida pode ser convertida em resultados padronizados (Tabela 8), com valores normativos específicos para cada idade (Simões et al., 2016).

Tabela 8- Valores normativos do teste de Cancelamento de Sinais, por idade e tipo de prova, adaptados das normas portuguesas da BANC (Simões et al., 2016).

Resultado Padronizado	Idade									
	5 anos	6 anos	7 anos	8 anos	9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos
1	≤-7,9	≤-4,3	≤-4,3	≤0,4	≤3,3	≤5,3	≤6,1	≤6,5	≤8,5	≤9,5	≤9,6
2	-7,8 a -6,5	-4,2 a -2,8	-4,2 a -2,8	0,5 a 1,6	3,4 a 3,9	5,4 a 6,1	6,2 a 6,8	6,6 a 7,6	8,6 a 9,5	9,6 a 10,2	9,7 a 10,2
3	-6,4 a -5,1	-2,7 a -1,5	-2,7 a -1,3	1,7 a 2,9	4,0 a 4,7	6,2 a 7,1	6,9 a 7,4	7,7, a 9,0	9,6 a 10,6	10,3 a 10,6	10,3 a 11,2
4	-5,0 a -3,8	-1,4 a -0,1	-1,2 a 0,3	3,0 a 3,8	4,8 a 5,9	7,2 a 8,2	7,5 a 9,1	9,1 a 10,5	10,7 a 11,7	10,7 a 11,7	11,3 a 13,4
5	-3,7 a -2,7	0,0 a 1,3	0,4 a 1,9	3,9 a 4,6	6,0 a 7,0	8,3 a 9,4	9,2 a 10,4	10,6 a 11,9	11,8 a 13,1	11,8 a 13,1	13,5 a 14,6
6	-2,6 a -1,4	1,4 a 2,0	2,0 a 3,3	4,7 a 5,6	7,1 a 7,7	9,5 a 10,3	10,5 a 11,3	12,0 a 13,0	13,2 a 14,2	13,2 a 14,3	14,7 a 16,0
7	-1,3 a -0,2	2,1 a 3,0	3,4 a 4,5	5,7 a 6,3	7,8 a 8,4	10,4 a 11,3	11,4 a 12,6	13,1 a 14,3	14,3 a 15,7	14,4 a 15,7	16,1 a 17,4
8	-1,0 a 0,8	3,1 a 4,0	4,6 a 5,9	6,4 a 7,2	8,5 a 9,1	11,4 a 12,3	12,7 a 13,7	14,4 a 15,6	15,8 a 17,0	15,8 a 17,7	17,5 a 18,8
9	0,9 a 1,8	4,1 a 4,8	6,0 a 6,6	7,3 a 8,1	9,2 a 10,0	12,4 a 13,3	13,8 a 14,9	15,7 a 16,5	17,1 a 17,8	17,8 a 18,9	18,9 a 20,1
10	1,9 a 2,3	4,9 a 5,4	6,7 a 7,6	8,2 a 8,8	10,1 a 10,9	13,4 a 14,3	15,0 a 16,0	16,6 a 17,8	17,9 a 19,1	19,0 a 20,5	20,2 a 20,9
11	2,4 a 3,2	5,5 a 6,2	7,7 a 8,4	8,9 a 9,5	11,0 a 11,7	14,4 a 15,2	16,1 a 16,9	17,9 a 18,7	19,2 a 20,4	20,6 a 22,3	21,0 a 22,7
12	3,3 a 4,0	6,3 a 7,3	8,5 a 9,7	9,6 a 10,3	11,8 a 12,6	15,3 a 16,6	17,0 a 18,5	18,8 a 20,2	20,5 a 21,5	22,4 a 24,1	22,8 a 24,1
13	4,1 a 4,8	7,4 a 8,2	9,8 a 10,7	10,4 a 11,3	12,7 a 13,5	16,7 a 17,6	18,6 a 19,4	20,3 a 21,3	21,6 a 22,7	24,2 a 25,4	24,2 a 25,4
14	4,9 a 5,7	8,3 a 8,9	10,8 a 11,2	11,4 a 12,1	13,6 a 14,3	17,7 a 19,0	19,5 a 20,6	21,4 a 22,4	22,8 a 23,6	25,5 a 26,8	25,5 a 26,8
15	5,8 a 6,6	9,0 a 9,6	11,3 a 12,6	12,2 a 12,9	14,4 a 15,1	19,1 a 20,1	20,7 a 21,4	22,5 a 23,3	23,7 a 25,0	26,9 a 27,7	26,9 a 28,7
16	6,7 a 7,7	9,7 a 10,7	12,7 a 13,1	13,0 a 13,6	15,2 a 16,0	20,2 a 21,1	21,5 a 23,1	23,4 a 24,2	25,1 a 26,4	27,8 a 28,8	28,8 a 30,1
17	7,8 a 8,6	10,8 a 11,5	13,2 a 13,8	13,7 a 14,8	16,1 a 16,5	21,2 a 21,5	23,2 a 25,5	24,3 a 25,5	26,5 a 28,1	28,9 a 31,4	30,2 a 31,4
18	8,7 a 9,7	11,6 a 12,6	13,9 a 14,8	14,9 a 16,4	16,6 a 17,2	21,6 a 22,2	25,6 a 27,1	25,6 a 27,1	28,2 a 29,2	31,5 a 32,3	31,5 a 32,3
19	≥9,8	≥12,7	≥14,9	≥16,5	≥17,3	≥22,3	≥27,2	≥27,2	≥29,3	≥32,4	≥32,4
	Cancelamento de 2 sinais					*Cancelamento de 3 sinais*					

4.3.6. Trilhas (Testes A e B)

No Teste A da prova Trilhas, representado na Figura 43 (Anexo VI), o participante deve traçar uma só linha, ligando 25 números circundados e distribuídos aleatoriamente numa folha de papel, sequencialmente de 1 a 25.

Por sua vez, no Teste B, representado na Figura 44 (Anexo VI), o participante deve traçar uma só linha que ligue 25 círculos com números ou letras, distribuídos aleatoriamente numa folha de papel, alternando entre números e letras (por exemplo: 1- A- 2- B- 3- C-...) (Moura et al., 2018).

A idades de aplicação da Parte A da prova Trilhas é aos 6 anos. Participantes com esta idade realizam apenas a Parte A. Por outro lado, participantes dos 7 aos 15 anos realizam ambas as provas (Parte A e B), a não ser que não obtenham sucesso nos itens de treino (Simões et al., 2016).

Para cada uma das duas partes da prova Trilhas (Parte A e Parte B) é obtido um único resultado, o total de tempo despendido (em segundos) na execução da tarefa. Esses resultados brutos podem ser convertidos em resultados padronizados (Tabela 9Tabela 10), com valores normativos específicos para cada idade (Simões et al., 2016).

Tabela 9- Valores normativos da prova Trilhas A, adaptados das normas portuguesas da BANC (Simões et al., 2016).

Trilhas Parte A											
Resultado Padronizado	Idade										
	5 anos	6 anos	7 anos	8 anos	9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos
1	---	≥222	≥130	≥124	≥104	≥81	≥60	≥60	≥60	≥59	≥47
2	---	204-221	123-129	114-123	101-103	73-80	58-59	58-59	57-59	54-58	46
3	---	185-203	117-122	104-113	92-100	66-72	57	55-57	52-56	48-53	44-45
4	---	169-184	107-116	99-103	82-91	63-65	53-56	52-54	50-51	44-47	41-43
5	---	144-168	100-106	87-98	72-81	55-62	48-52	47-51	46-49	41-43	37-40
6	---	133-143	91-99	78-86	68-71	51-54	44-47	43-46	42-45	38-40	34-36
7	---	121-132	83-90	72-77	59-67	47-50	40-43	39-42	37-41	35-37	32-33
8	---	106-120	73-82	65-71	52-58	43-46	37-39	35-38	33-36	31-34	28-31
9	---	92-105	66-72	57-64	46-51	39-42	34-36	31-34	30-32	28-30	25-27
10	---	80-91	60-65	53-56	41-45	35-38	30-33	28-30	27-29	24-27	23-24
11	---	72-79	52-59	47-52	35-40	31-34	27-29	25-27	24-26	22-23	20-22
12	---	63-71	44-51	42-46	30-34	28-30	24-26	21-24	20-23	20-21	18-19
13	---	53-62	39-43	36-41	25-29	24-27	21-23	19-20	19	17-19	16-17
14	---	45-52	32-38	31-35	21-24	21-23	19-20	18	17-18	15-16	14-15
15	---	42-44	27-31	26-30	20	19-20	17-18	16-17	15-16	13-14	12-13
16	---	37-41	24-26	22-25	18-19	17-18	14-16	14-15	12-14	11-12	9-11
17	---	31-36	20-23	17-21	14-17	14-16	12-13	12-13	10-11	9-10	≤8
18	---	24-30	14-19	11-16	10-13	10-13	10-11	10-11	≤9	≤8	---
19	---	≤23	≤13	≤10	≤9	≤9	≤9	≤9	---	---	---

Tabela 10- Valores normativos da prova Trilhas B, adaptados das normas portuguesas da BANC (Simões et al., 2016).

Trilhas Parte B											
Resultado Padronizado	Idade										
	5 anos	6 anos	7 anos	8 anos	9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos
1	---	---	≥289	≥276	≥241	≥204	≥144	≥143	≥131	≥131	≥121
2	---	---	273-288	257-275	216-240	178-203	132-143	132-142	118-130	118-130	110-120
3	---	---	255-272	231-256	191-215	155-177	122-131	122-131	107-117	107-117	99-109
4	---	---	235-254	208-230	176-190	143-154	116-121	115-121	98-106	98-106	91-98
5	---	---	223-234	187-207	164-175	131-142	109-115	102-114	87-97	87-97	84-90
6	---	---	196-222	167-186	147-163	118-130	99-108	91-101	81-86	81-86	77-83
7	---	---	174-195	151-166	132-146	110-117	89-98	83-90	74-80	74-80	67-76
8	---	---	156-173	138-150	116-131	97-109	82-88	74-82	68-73	67-73	60-66
9	---	---	137-155	120-137	100-115	86-96	73-81	66-73	61-67	60-66	53-59
10	---	---	125-136	107-119	88-99	74-85	65-72	59-65	55-60	51-59	48-52
11	---	---	113-124	97-106	78-87	67-73	58-64	52-58	47-54	45-50	41-47
12	---	---	97-112	87-96	67-77	60-66	53-57	47-51	44-46	39-44	35-40
13	---	---	85-96	77-86	61-66	50-59	46-52	42-46	39-43	35-38	31-34
14	---	---	78-84	71-76	55-60	45-49	40-45	37-41	35-38	29-34	28-30
15	---	---	67-77	62-70	47-54	39-44	35-39	32-36	32-34	25-28	24-27
16	---	---	54-66	46-61	40-46	34-38	33-34	30-31	28-31	17-24	17-23
17	---	---	41-53	31-45	31-39	28-33	28-32	27-29	24-27	≤16	≤16
18	---	---	28-40	28-30	21-30	20-27	20-27	20-26	19-23	---	---
19	---	---	≤27	≤27	≤20	≤19	≤19	≤19	≤18	---	---

4.4. Análise Estatística

Para a análise dos dados obtidos, foi utilizado o Python para o desenvolvimento do código e a construção de gráficos, e o Excel para o armazenamento, manipulação e análise inicial dos dados. Os métodos utilizados incluem cálculos de medidas de tendência central, dispersão e representações gráficas, como boxplots e histogramas com curvas de densidade, para facilitar a interpretação visual e estatística dos dados.

A análise tem como objetivo principal compreender as características e o desempenho dos participantes nas diversas provas realizadas, utilizando estatísticas descritivas e representações gráficas. Os dados analisados fornecem uma visão detalhada sobre as variáveis que medem aspetos como atenção, concentração, velocidade de leitura e habilidades oculomotoras, que permitem identificar padrões de desempenho e casos extremos.

Como apresentado na Tabela 11, cada variável foi classificada por tipo (qualitativa ou quantitativa) e escala (nominal, ordinal ou razão). Isto permitiu uma análise consistente e detalhada, alinhada ao propósito do estudo.

Tabela 11- Classificação de cada variável por tipo e escala.

Variável	Código Var.	Tipo	Escala
Nomeação Rápida (BANC)			
Tipo de prova realizada	tipoNomR	Qualitativa	Nominal
Nº de fixações durante a prova (*eye tracker*)	fixNomR	Quantitativa	Razão
Código A e B (WISC-III)			
Resultado (percentil)	pctCod	Quantitativa	Razão
Cancelamento de Sinais (BANC)			
Nº de acertos	acertosCancS	Quantitativa	Razão
Nº de erros	errosCancS	Quantitativa	Razão
Nº de omissões	omissoesCancS	Quantitativa	Razão
Resultado (percentil)	pctCancS	Quantitativa	Razão
Teste DEM			
Tempo de leitura horizontal	tempoHorDEM	Qualitativa	Nominal
Tempo de leitura vertical	tempoVerDEM	Qualitativa	Nominal
Tipo de disfunção	tipoDisfDEM	Qualitativa	Ordinal
Teste de Wilkins			
Velocidade de leitura (palavras por minuto)	velWilk	Quantitativa	Razão
Trilhas (BANC)			
Teste A - Tempo de realização (segundos)	tempoTrilhasA	Quantitativa	Razão
Teste A - Resultado (percentil)	pctTrilhasA	Quantitativa	Razão
Teste B - Tempo de realização (segundos)	tempoTrilhasB	Quantitativa	Razão
Teste B - Resultado (percentil)	pctTrilhasB	Quantitativa	Razão

Capítulo 5. Resultados

5.1. Estatística Descritiva

5.1.1. Caracterização da Amostra

A amostra é composta por 208 participantes, distribuídos entre o 2.º e o 8.º ano de escolaridade. O 4.º ano apresenta a maior frequência (18,8%) e o 2.º ano a menor (6,7%). Os restantes anos apresentam distribuições equilibradas (11,1% e 17,3%) (Figura 6).

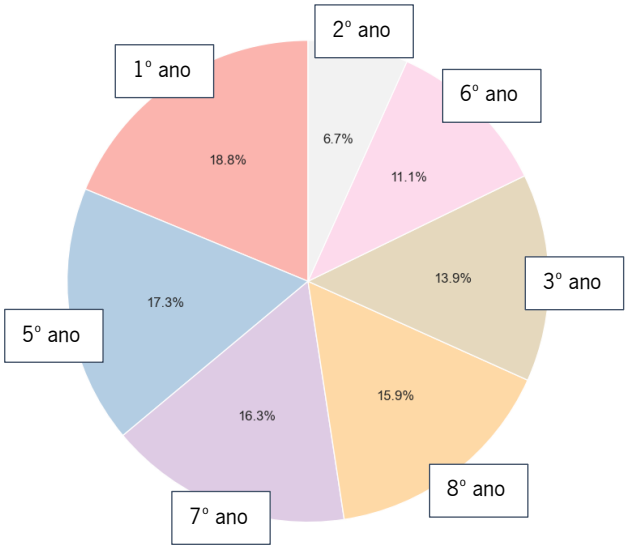


Figura 6- Representação gráfica da distribuição dos participantes segundo o ano escolar frequentado.

Quanto à origem, 86,5% pertencem à Escola 7, enquanto as Escolas 3 e 1 representam 9,1% e 4,3%, respetivamente (Figura 7). Verifica-se, assim, uma forte concentração numa única escola.

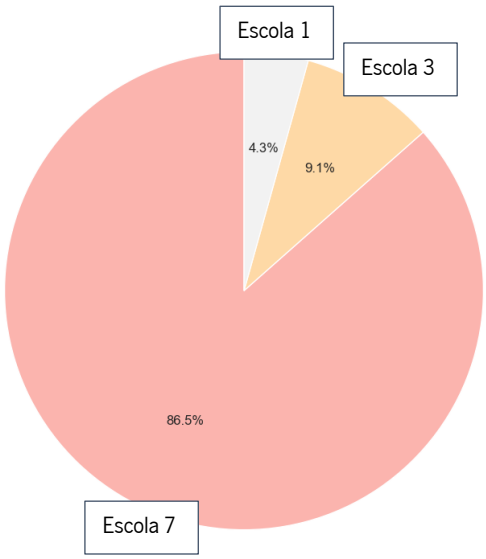


Figura 7- Representação gráfica da distribuição dos participantes segundo a escola frequentada.

A distribuição por género é equilibrada (51,4% masculino; 48,6% feminino) (Figura 8). A idade média é de 10,2 ± 1,9 anos, variando entre os 6 e os 14 anos (Figura 9).

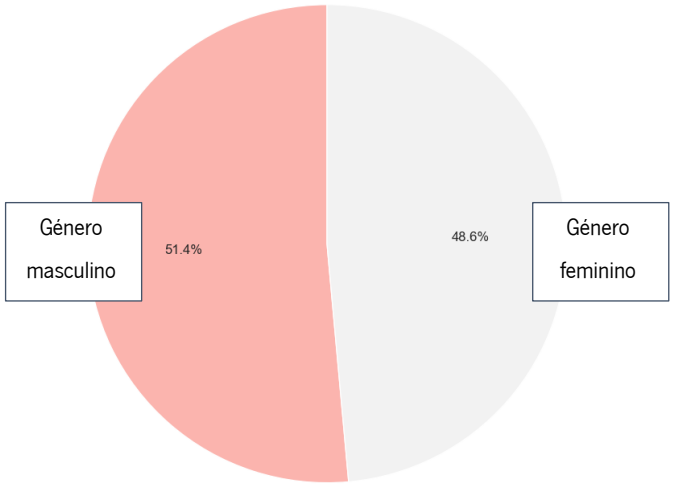


Figura 8- Representação gráfica da distribuição dos participantes segundo o género.

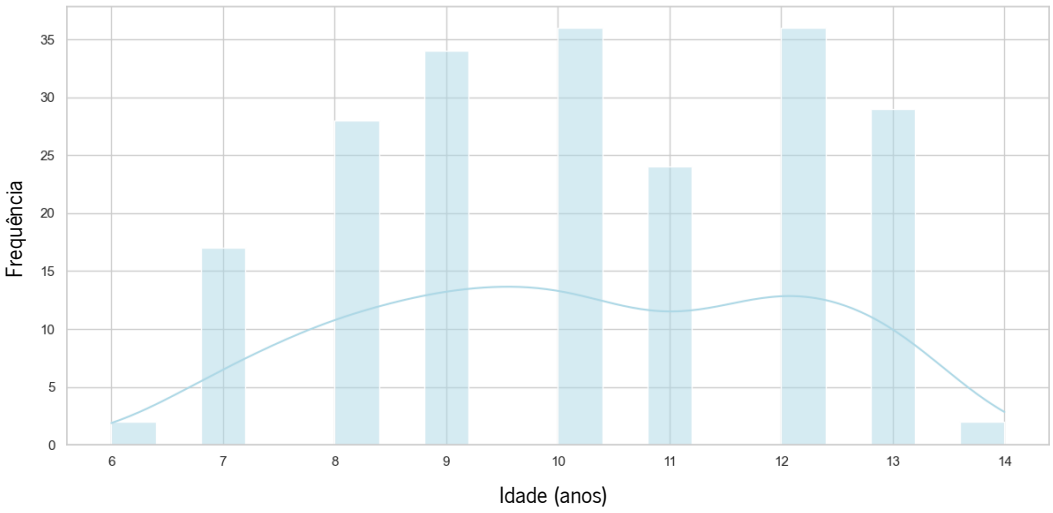


Figura 9- Histograma da idade dos participantes, com uma linha de densidade que suaviza a distribuição, para visualização do padrão geral.

5.1.2. Análise dos Dados Obtidos

O desempenho dos participantes nos testes realizados é apresentado a seguir por meio de medidas descritivas que caracterizam a distribuição das variáveis quantitativas. A Tabela 12 apresenta os valores referentes à tendência central (média e mediana), de dispersão (desvio padrão) e os valores extremos observados (mínimo e máximo). Esta síntese permite uma visão global dos resultados obtidos e serve de base para análises subsequentes.

Tabela 12- Resumo estatístico das variáveis quantitativas.

Variável	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
fixNomR	112,6	99,5	71,9	0,0	414,0
pctCod	10,2	10,0	3,2	1,0	19,0
acertosCancS	131,2	128,5	53,4	19,0	282,0
errosCancS	1,3	0,0	6,6	0,0	88,0
omissoesCancS	9,4	7,0	8,1	0,0	67,0
pctCancS	8,3	8,0	3,3	1,0	17,0
velWilk	103,7	102,5	30,4	13,0	222,0
tempoTrilhasA	38,3	35,5	15,4	13,0	90,0
pctTrilhasA	10,3	10,0	2,9	3,0	17,0
tempoTrilhasB	88,6	78,0	39,8	18,0	257,0
pctTrilhasB	9,7	10,0	2,8	1,0	16,0

a) Prova de Nomeação Rápida

Apenas um participante realizou a prova RAN (nomeação rápida de cores); os participantes restantes (n = 207) realizaram a prova RAS (nomeação rápida de formas e cores). Assim, esta

variável apresenta uma distribuição muito desigual, com a predominância quase absoluta do teste RAS. Nesta tarefa, os participantes realizaram, em média, 112,6 ± 71,9 fixações (Tabela 12). A distribuição dos dados revela uma elevada variabilidade e assimetria à direita, com alguns valores extremos (Figura 10).

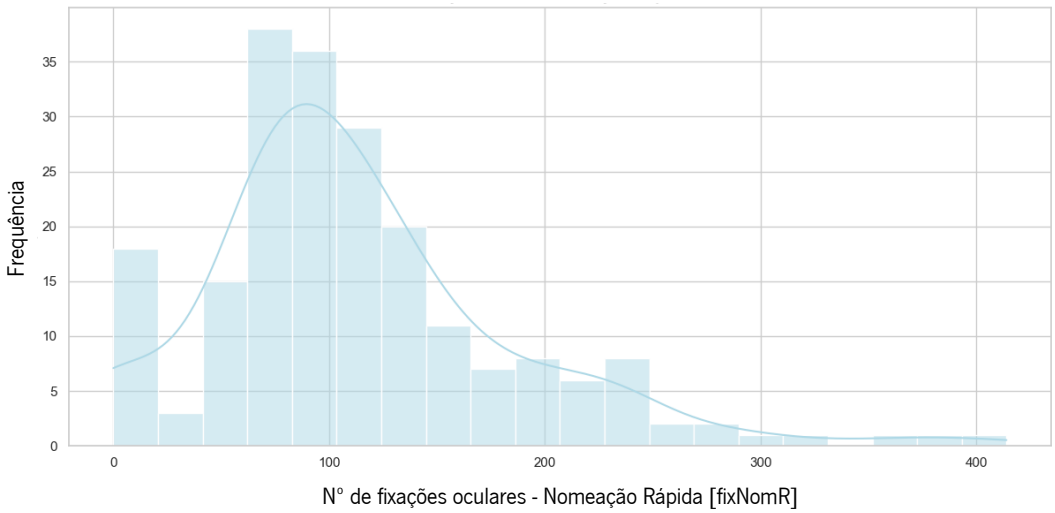


Figura 10- Histograma do número de fixações realizadas pelos participantes durante a prova de Nomeação Rápida.

b) Subteste Código da Terceira Edição da Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças

A média dos resultados obtidos em percentil no subteste Código da WISC-III foi de 10,2 ± 3,2 (Tabela 12). Os dados apresentam uma distribuição aproximadamente normal (Figura 11).

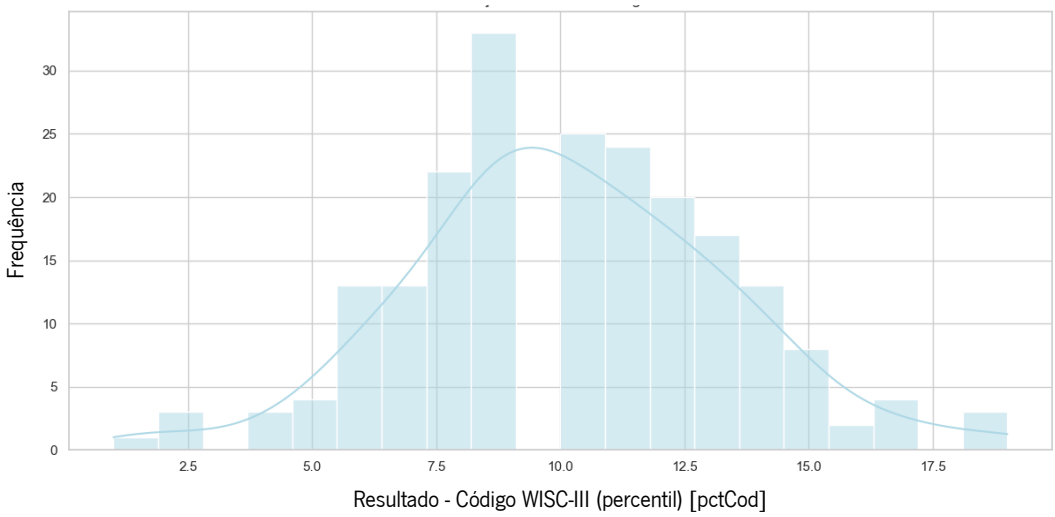


Figura 11- Histograma do resultado em percentil do subteste Código da WISC-III.

c) Prova de Cancelamento de Sinais (2 e 3 sinais)

Na prova de Cancelamento de Sinais, os participantes obtiveram em média 131,2 ± 53,4 acertos (Tabela 12). A distribuição dos acertos é centrada, com uma leve assimetria à direita (Figura 12).

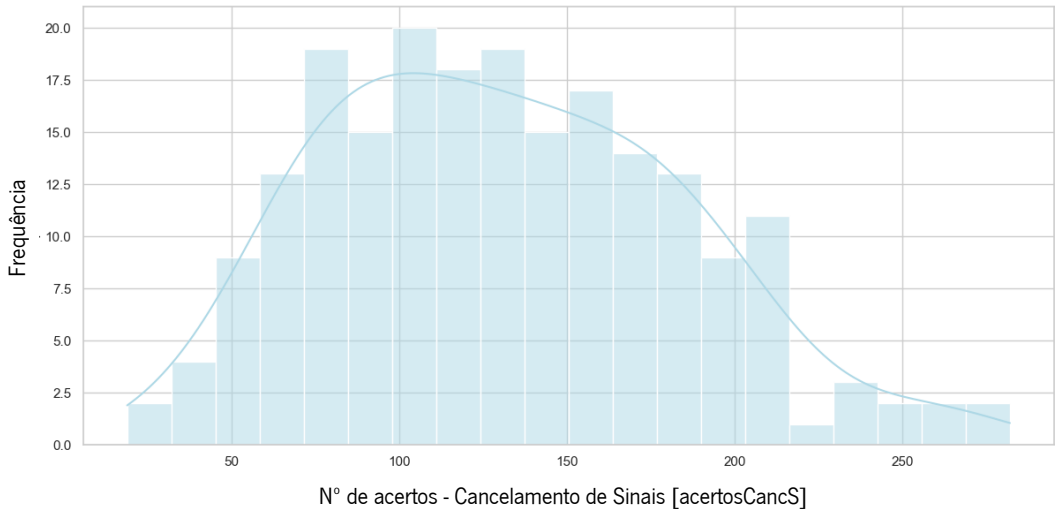


Figura 12- Histograma do número de acertos da prova Cancelamento de Sinais.

O número médio de erros foi de 1,3 ± 6,6 (Tabela 12). A maioria dos participantes não cometeu erros ou cometeu apenas um, mas a distribuição é assimétrica, com alguns valores extremos a influenciar a dispersão (Figura 13).

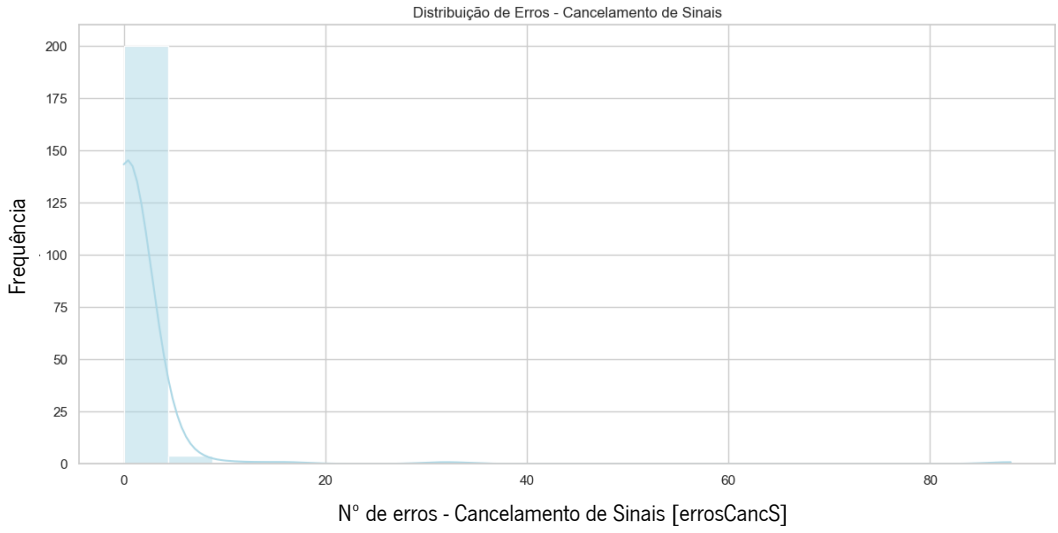


Figura 13- Histograma do número de erros da prova Cancelamento de Sinais.

O número médio de omissões foi de 9,4 ± 8,1 (Tabela 12), sugerindo que, em média, os participantes não identificaram/assinalaram cerca de nove sinais. A distribuição apresenta uma assimetria à direita (Figura 14).

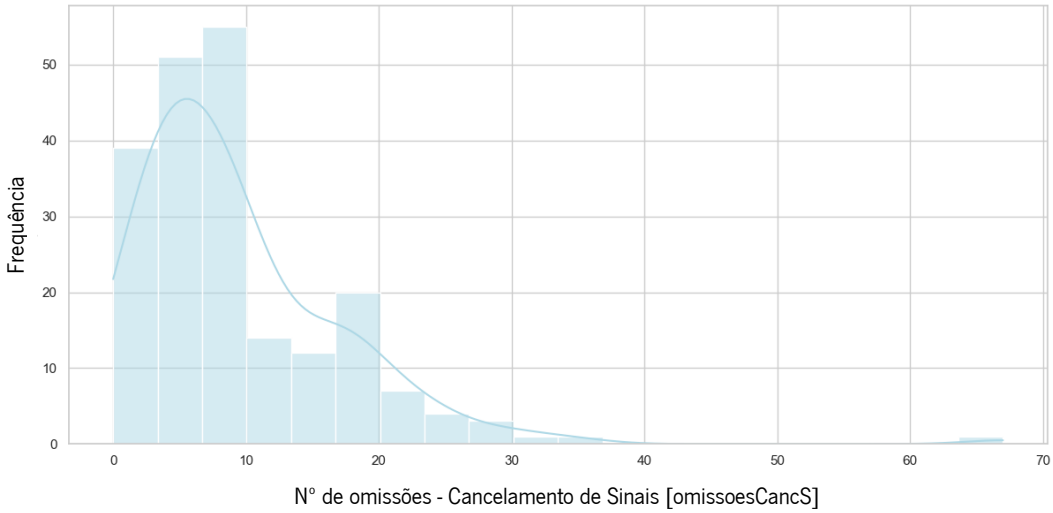


Figura 14- Histograma do número de omissões da prova Cancelamento de Sinais.

Em geral, obteve-se um resultado médio de 8,3 ± 3,3 (convertido para escala de percentil) na prova de Cancelamento de Sinais (Tabela 12). A distribuição é aproximadamente simétrica (Figura 15).

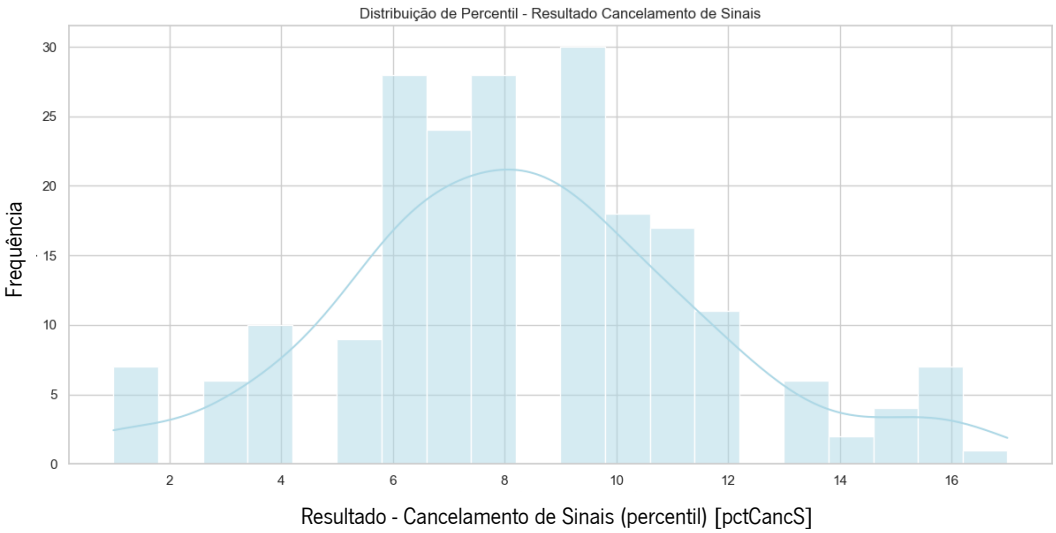


Figura 15- Histograma do resultado em percentil na prova Cancelamento de Sinais.

d) Teste Developmental Eye Movement

A maioria dos participantes (63,9%) realizou a tarefa de leitura horizontal dentro do intervalo de tempo esperado (Figura 16). No que toca à tarefa de leitura vertical, cerca de 71,2% dos participantes completou-a dentro do intervalo de tempo esperado (Figura 17).

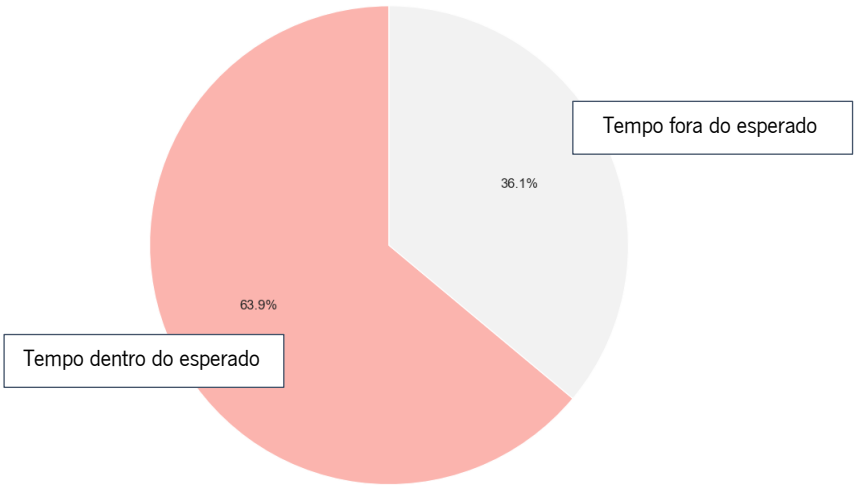


Figura 16- Gráfico de pizza do tempo necessário para completar a tarefa de leitura horizontal do teste DEM.

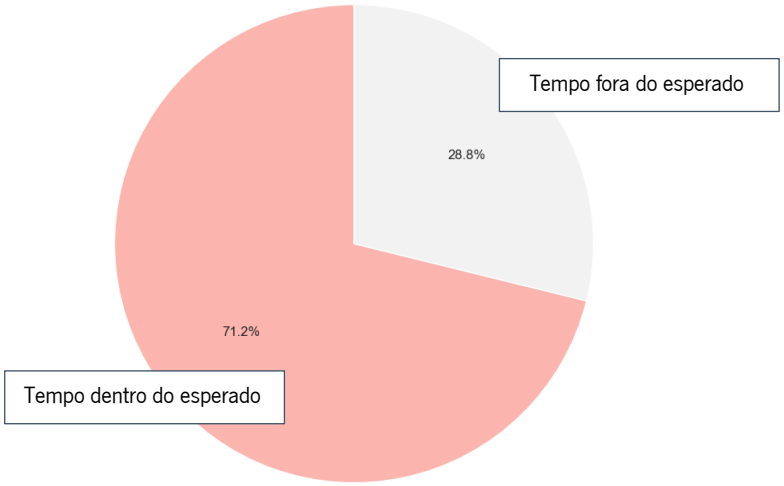


Figura 17- Gráfico de pizza do tempo necessário para completar a tarefa de leitura vertical do teste DEM.

A classificação dos participantes segundo o teste DEM revelou que 46,2% apresentaram perfil normal (Tipo I), enquanto 21,2% não se enquadraram em nenhum tipo específico. Os restantes distribuíram-se pelos Tipos II, III e IV, com frequências entre 7,7% e 13% (Figura 18).

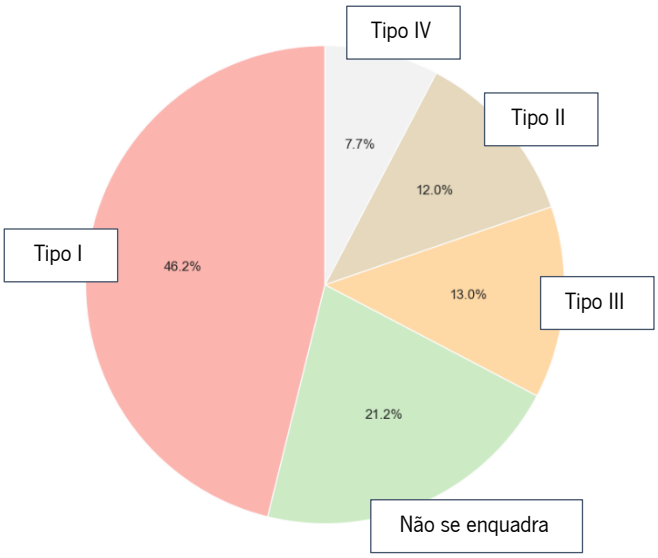


Figura 18- Gráfico de pizza dos tipos de disfunção segundo os resultados do teste DEM.

e) Teste de Wilkins

A velocidade média de leitura no teste de Wilkins foi de 103,7 ± 30,4 palavras por minuto (Tabela 12). A distribuição é aproximadamente simétrica, com maior concentração entre 80 e 130 palavras por minuto (Figura 19).

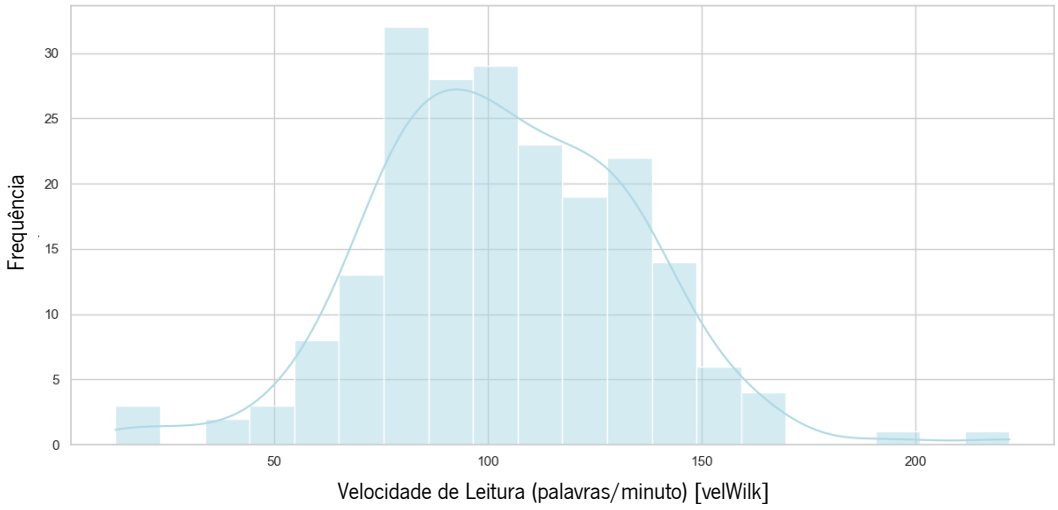


Figura 19- Histograma da velocidade de leitura em palavras por minuto (Teste de Wilkins).

f) Trilhas (Testes A e B)

O tempo médio de execução do Teste A foi de 38,3 ± 15,4 segundos (Tabela 12). A distribuição apresenta assimetria à direita (Figura 20).

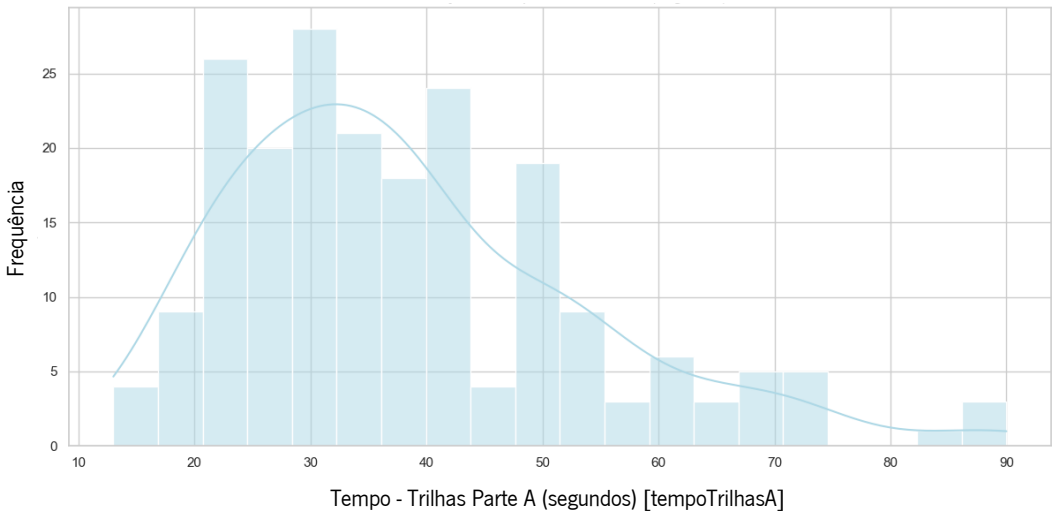


Figura 20- Histograma do tempo de realização da prova Trilhas Parte A, em segundos.

O desempenho no Teste Trilhas Parte A apresentou uma média de 10,3 ± 2,9 (Tabela 12). A dispersão dos dados foi baixa, aproximadamente simétrica, com a maioria dos participantes a obter percentis entre 8 e 12 (Figura 21).

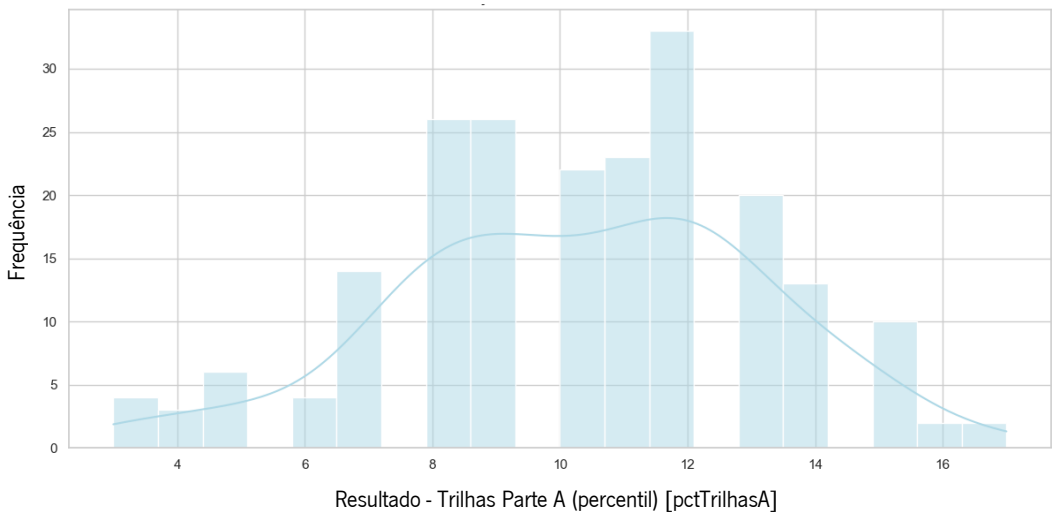


Figura 21- Histograma do resultado da prova Trilhas Parte A em percentil.

Apenas os participantes com idade igual ou superior a 7 anos realizam a prova Trilhas Parte B. O tempo médio de execução foi de 88,6 ± 39,8 segundos (Tabela 12). A distribuição apresenta assimetria à direita, com maior concentração entre 60 e 80 segundos (Figura 22).

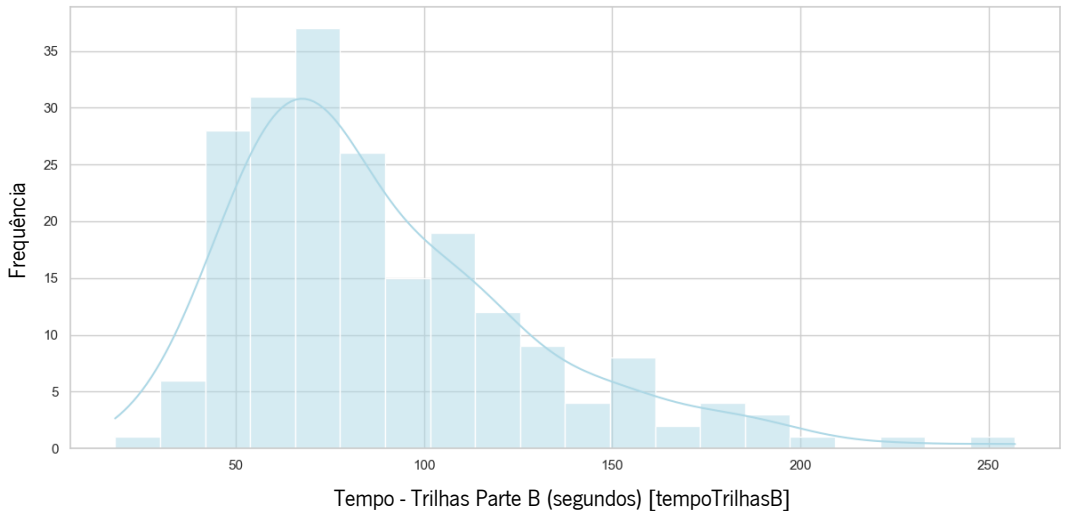


Figura 22- Histograma do tempo de realização da prova Trilhas Parte B (segundos).

O percentil médio no Teste Trilhas Parte B foi de 9,7 ± 2,8 (Tabela 12). A distribuição é aproximadamente simétrica, com ligeira assimetria à direita (Figura 23).

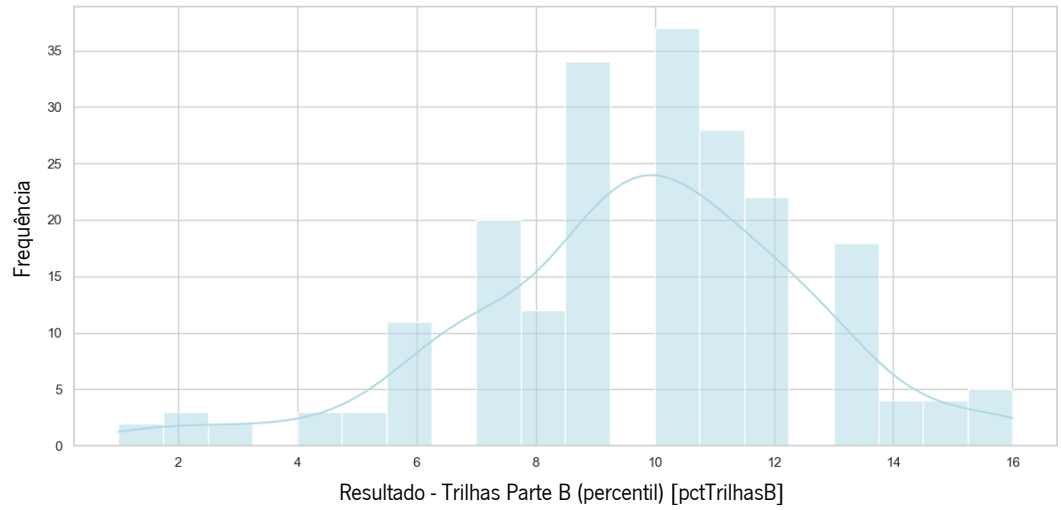


Figura 23- Histograma do resultado da prova Trilhas Parte B em percentil.

5.1.3. Estudo de Normalidade

Antes da realização das análises inferenciais, procedeu-se à verificação da normalidade da distribuição das variáveis quantitativas. Para tal, recorreu-se ao teste de Shapiro–Wilk, considerado particularmente sensível e apropriado para amostras com dimensão inferior a 2000 casos. As hipóteses testadas foram: a hipótese nula (H_0), a variável segue uma distribuição normal; e a hipótese alternativa (H_1), a variável não segue uma distribuição normal.

Segundo a Tabela 13, considerando o critério de significância de $p < 0.05$, verifica-se que a maioria das variáveis não apresenta uma distribuição normal. Apenas a variável velWilk não rejeita a hipótese de normalidade ($p = 0{,}061$).

Tabela 13- Análise de normalidade: resultados do teste de Shapiro–Wilk.

	Shapiro–Wilk	
Variável	**Estatística W**	***p***
fixNomR	0.917	<0.001
pctCod	0.985	0.025
velWilk	0.987	0.061
acertosCancS	0.984	0.018
errosCancS	0.160	<0.001
omissoesCancS	0.823	<0.001
pctCancS	0.976	0.001
tempoTrilhasA	0.931	<0.001
pctTrilhasA	0.980	0.004
tempoTrilhasB	0.911	<0.001
pctTrilhasB	0.969	<0.001

5.2. Estatística Inferencial

A seleção dos testes estatísticos foi orientada pelas características das variáveis em análise e pelos resultados obtidos nos testes de normalidade. Para as variáveis com distribuição normal, recorreu-se ao coeficiente de correlação de Pearson e à análise de variância (ANOVA). Para as variáveis que não apresentaram normalidade, foi utilizado o coeficiente de correlação de Kendall Tau, bem como o teste de Kruskal–Wallis.

A análise de correlação teve como objetivo identificar associações entre o tipo de disfunção (segundo o teste DEM) e as variáveis de desempenho nas diferentes provas. Para tal, recorreram-se aos coeficientes de Pearson e Kendall Tau, de acordo com as propriedades de cada variável. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na Tabela 14, que inclui os coeficientes de correlação e os respetivos valores de significância (p), permitindo observar a direção e magnitude das relações entre as variáveis analisadas.

De seguida, procedeu-se à comparação entre os grupos categóricos de disfunção, com o objetivo de verificar diferenças significativas no seu desempenho. A análise foi realizada através dos testes ANOVA e Kruskal–Wallis, conforme o cumprimento ou não dos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias. Os resultados dessa comparação estão

apresentados na Tabela 15, que mostra os valores da estatística de teste e os níveis de significância (p).

Para complementar a análise quantitativa, foram também elaborados gráficos *boxplot* segmentados por grupo de disfunção, permitindo visualizar a distribuição e dispersão dos resultados em cada variável.

Tabela 14- Correlações entre o tipo de disfunção segundo o teste DEM e as variáveis de desempenho.

Variável 1	Variável 2	Coeficiente de correlação	*p*	Método
tipoDisfDEM	fixNomR	0,1471	0,0071	Kendall Tau
	pctCod	-0,160	0,0025	Kendall Tau
	velWilk	-0,510	<0,001	Pearson
	pctCancS	-0,054	0,319	Kendall Tau
	omissoesCancS	0,005	0,928	Kendall Tau
	errosCancS	0,143	0,018	Kendall Tau
	acertosCancS	-0,108	0,039	Kendall Tau
	pctTrilhasA	-0,072	0,186	Kendall Tau
	pctTrilhasB	-0,141	0,010	Kendall Tau
	tempoTrilhasA	0,169	0,001	Kendall Tau
	tempoTrilhasB	0,176	< 0,001	Kendall Tau

Nota: τ, coeficiente de correlação de Kendall Tau; r, coeficiente de Pearson.

Tabela 15- Comparação entre os grupos de disfunção identificadas pelo teste DEM.

Variável	Estatística	*p*	Método
fixNomR	16,024	0,003	Kruskal–Wallis
pctCod	16,527	0,002	Kruskal–Wallis
velWilk	20,403	< 0,001	ANOVA
pctCancS	14,245	0,007	Kruskal–Wallis
omissoesCancS	4,011	0,405	Kruskal–Wallis
errosCancS	9,049	0,060	Kruskal–Wallis
acertosCancS	20,055	< 0,001	Kruskal–Wallis
pctTrilhasA	3,561	0,469	Kruskal–Wallis
pctTrilhasB	11,698	0,020	Kruskal–Wallis
tempoTrilhasA	17,337	0,002	Kruskal–Wallis
tempoTrilhasB	21,346	< 0,001	Kruskal–Wallis

Nota: Valores obtidos pelos testes de Kruskal–Wallis e ANOVA. Nível de significância considerado: p < 0,05.

5.2.1. Relação Entre o Tipo de Disfunção e o Número de Fixações na Prova de Nomeação Rápida

Entre o tipo de disfunção (tipoDisfDEM) e o número de fixações na prova de nomeação rápida (fixNomR), observou-se uma correlação positiva fraca, estatisticamente significativa (τ =

0,1471; p = 0,0071), indicando que participantes com maior disfunção realizaram ligeiramente mais fixações. O teste Kruskal–Wallis confirmou diferenças significativas nas distribuições do número de fixações entre os grupos (p < 0,05).

O *boxplot* da Figura 24 mostra que os grupos Tipo I, II e III têm distribuições semelhantes, com medianas ligeiramente menores e maior dispersão do que o grupo de participantes que não se enquadra em qualquer tipo de disfunção, enquanto o Tipo IV se destaca por uma mediana mais elevada, maior dispersão e presença de *outliers*.

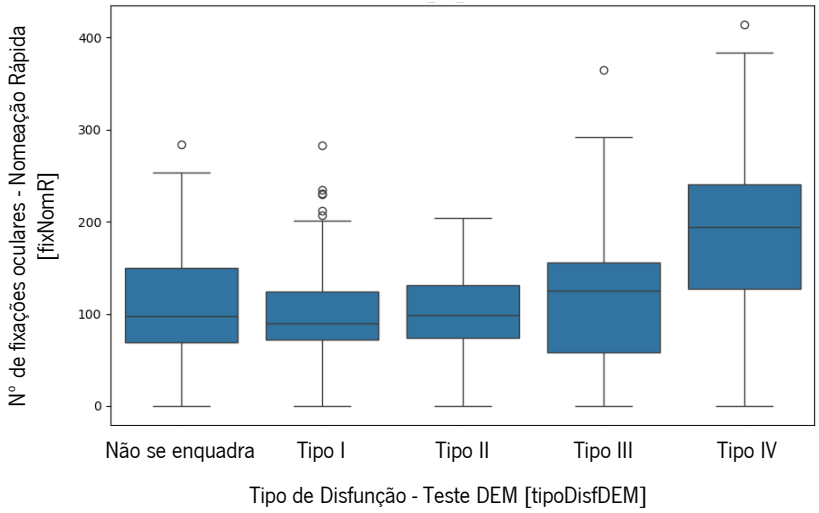


Figura 24- Gráfico boxplot do número de fixações realizadas na prova de Nomeação Rápida, segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM.

5.2.2. Relação Entre o Tipo de Disfunção e o Desempenho no Subteste Código

Entre o resultado em percentil obtido no subteste Código (pctCod) e o tipo de disfunção (tipoDisfDEM), observa-se uma correlação negativa fraca e estatisticamente significativa (τ = -0,160; p = 0,0025), que sugere uma ligeira diminuição do desempenho com o aumento da disfunção.

O *boxplot* (Figura 25) corrobora a leve diminuição nas medianas dos percentis obtidos na prova conforme o tipo de disfunção aumenta. Os participantes inseridos no Tipo IV apresentam menor mediana e menor variabilidade. O teste Kruskal–Wallis revelou diferenças estatisticamente significativas entre as distribuições dos grupos de disfunção (p < 0,05).

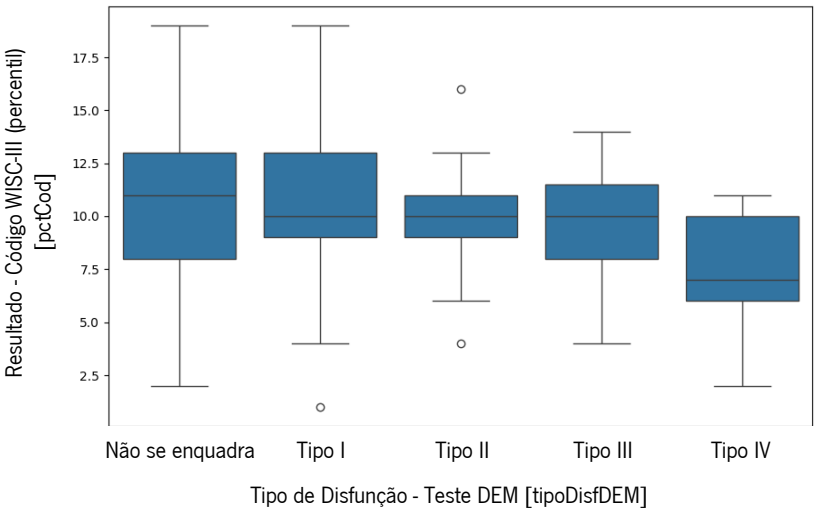


Figura 25- Gráfico boxplot do resultado obtido no subteste Código, segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM.

5.2.3. Relação Entre o Tipo de Disfunção e a Velocidade de Leitura

De forma mais acentuada, a velocidade de leitura (velWilk) mostrou uma correlação negativa moderada com o tipo de disfunção (tipoDisfDEM), estatisticamente significativa (r = -0,510; p = < 0,001). Assim, os participantes com maior disfunção leem menos palavras por minuto.

O *boxplot* (Figura 26) confirma a redução gradual da mediana da velocidade de leitura com o aumento do tipo de disfunção, sendo o Tipo IV o grupo com menor mediana e menor dispersão. A ANOVA revelou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos (p < 0,05), confirmando que a velocidade média de leitura varia em função do tipo de disfunção.

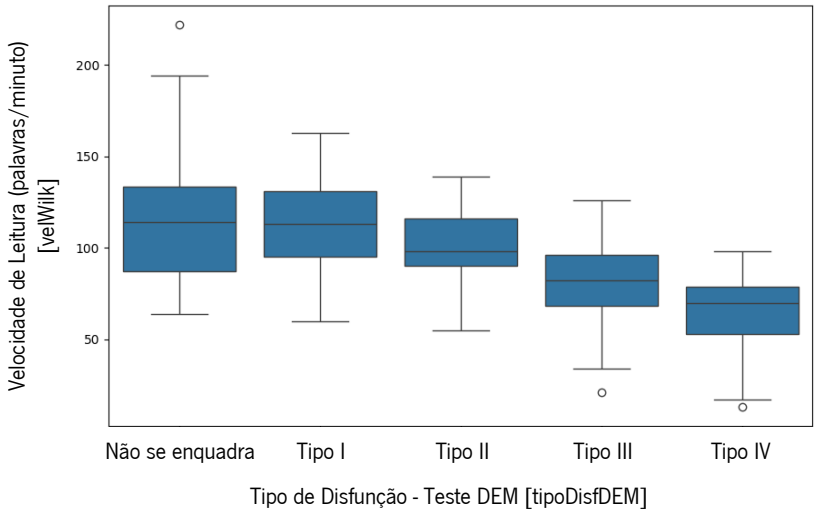


Figura 26- Gráfico boxplot da velocidade de leitura (teste de Wilkins), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM.

5.2.4. Relação Entre o Tipo de Disfunção e o Desempenho na Prova de Cancelamento de Sinais

Na prova de Cancelamento de Sinais, entre o tipo de disfunção (tipoDisfDEM) e os erros cometidos na prova (errosCancS), verificou-se uma correlação positiva fraca, estatisticamente significativa ($\tau = 0{,}143$; $p = 0{,}018$). No *boxplot* (Figura 27), observam-se baixos valores medianos em todos os grupos, mas os *outliers* são mais frequentes em grupos com maior disfunção (Tipo III e IV). Embora o teste Kruskal-Wallis apresente um p-valor próximo ao limiar de significância ($p = 0{,}060$), não há evidências robustas para concluir que existem diferenças entre os grupos.

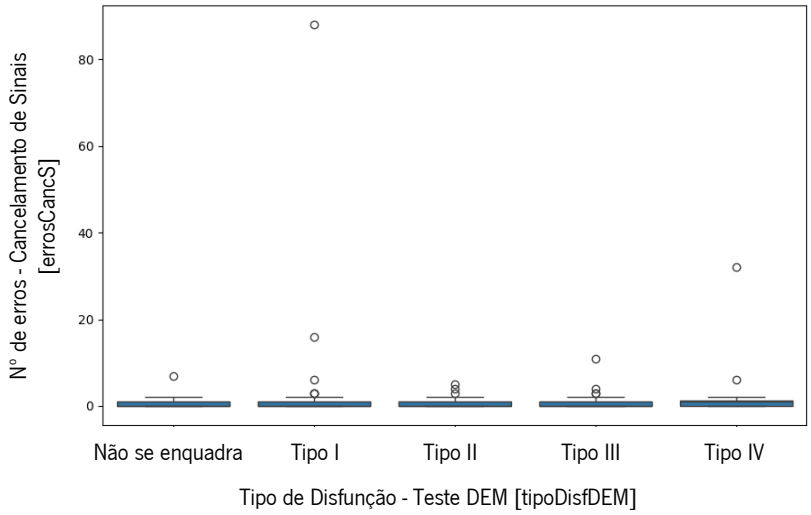


Figura 27- Gráfico boxplot do número de erros (Cancelamento de Sinais), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM.

O tipo de disfunção (tipoDisfDEM) e o número de acertos na pova (acertosCancS) apresentaram uma correlação negativa fraca, estatisticamente significativa ($\tau = -0{,}108$; $p = 0{,}039$). Em concordância, no boxplot da Figura 28, há uma redução no número de acertos com o aumento do tipo de disfunção. O grupo com disfunção Tipo IV apresenta uma mediana mais baixa. O teste Kruskal–Wallis revelou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p < 0{,}05$).

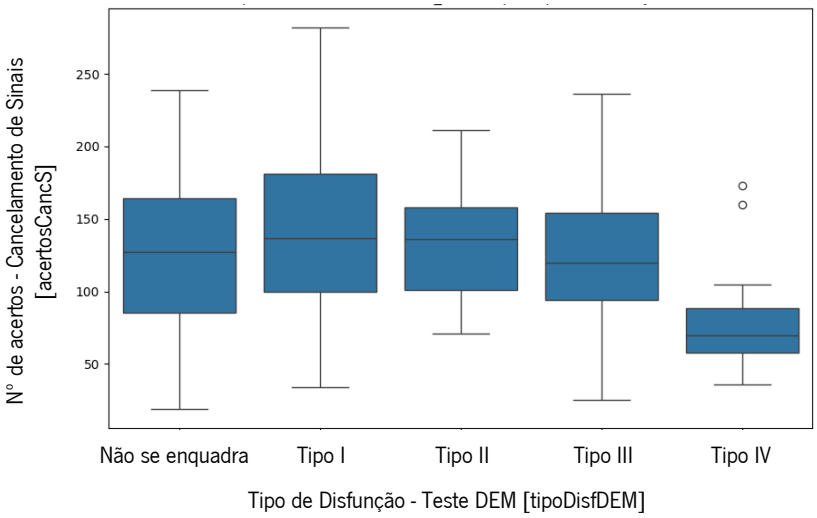


Figura 28- Gráfico boxplot do número de acertos (Cancelamento de Sinais), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM.

Por sua vez, o número de omissões (omissoesCancS) e o tipo de disfunção (tipoDisfDEM) não apresentaram uma associação significativa ($\tau = 0{,}005$; $p = 0{,}928$). Através do *boxplot* (Figura 29), observa-se que a mediana de omissões permanece estável entre os grupos, com algumas diferenças em *outliers*. O grupo com disfunção Tipo IV apresenta valores mais compactos. No teste Kruskal–Wallis não se detetaram diferenças significativas entre os grupos ($p > 0{,}05$).

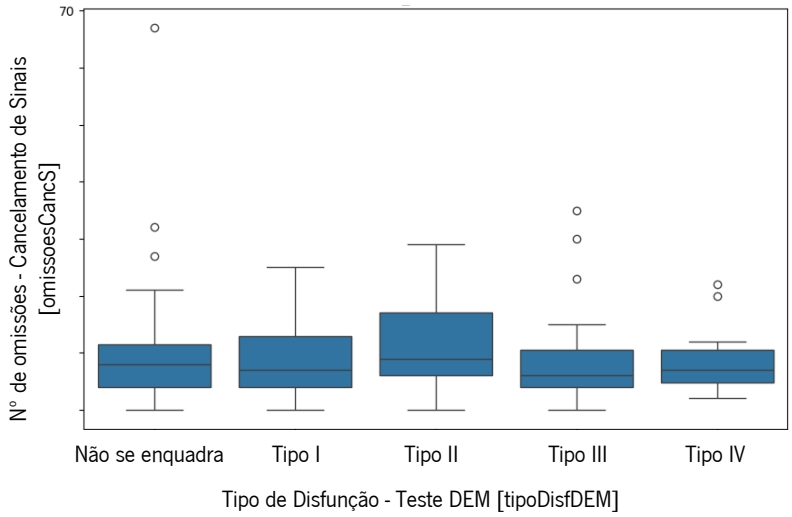


Figura 29- Gráfico boxplot do número de omissões (Cancelamento de Sinais), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM.

De forma semelhante, entre o resultado em percentil da prova (pctCancS) e o tipo de disfunção (tipoDisfDEM) não se verificou uma associação significativa ($\tau = -0{,}054$; $p = 0{,}319$). No gráfico da Figura 30, a mediana do percentil diminui progressivamente com o aumento do nível de disfunção, com menor variabilidade no grupo Tipo IV. O teste Kruskal–Wallis evidenciou que há diferenças significativas entre os grupos ($p < 0{,}05$).

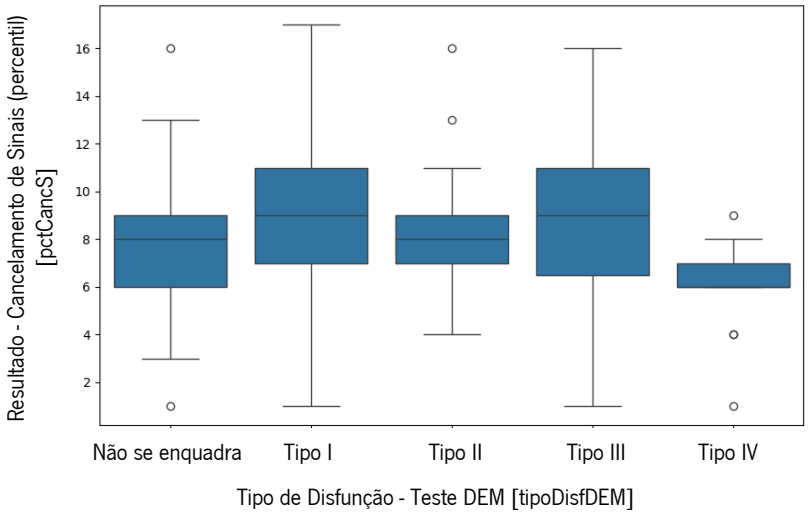


Figura 30- Gráfico boxplot do resultado em percentil (Cancelamento de Sinais), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM.

5.2.5. Relação Entre o Tipo de Disfunção e o Desempenho nas Provas Trilhas (A e B)

Relativamente à prova Trilhas, observou-se uma correlação negativa fraca, não significativa (τ = -0,072; p = 0,186), entre o tipo de disfunção (tipoDisfDEM) e o percentil obtido na Parte A (pctTrilhasA). O gráfico *boxplot* da Figura 31 mostra uma distribuição homogénea entre os grupos, sem variações significativas no resultado em percentil da Parte A. Os grupos Tipos III e IV apresentam apenas uma leve redução na mediana. Segundo o teste Kruskal–Wallis, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos (p > 0,05).

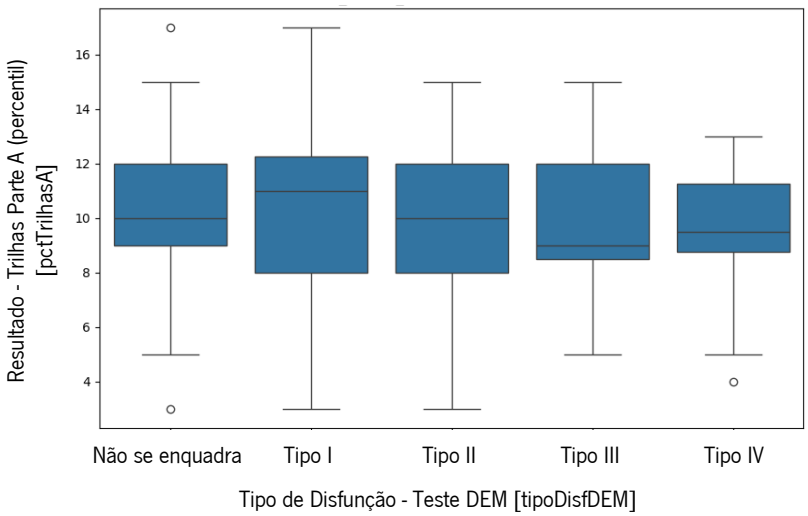


Figura 31- Gráfico boxplot do resultado em percentil da Parte A (Trilhas), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM.

No que diz respeito ao resultado em percentil da Parte B (pctTrilhasB) e o tipo de disfunção (tipoDisfDEM), verificou-se uma correlação negativa fraca, mas significativa (τ = -0,141; p = 0,010). O gráfico *boxplot* da Figura 32 evidencia uma redução significativa no resultado em percentil à medida que o nível de disfunção aumenta. Os grupos Tipos III e IV apresentam percentis mais baixos. Salienta-se que, segundo o teste Kruskal–Wallis, existem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos (p < 0,05).

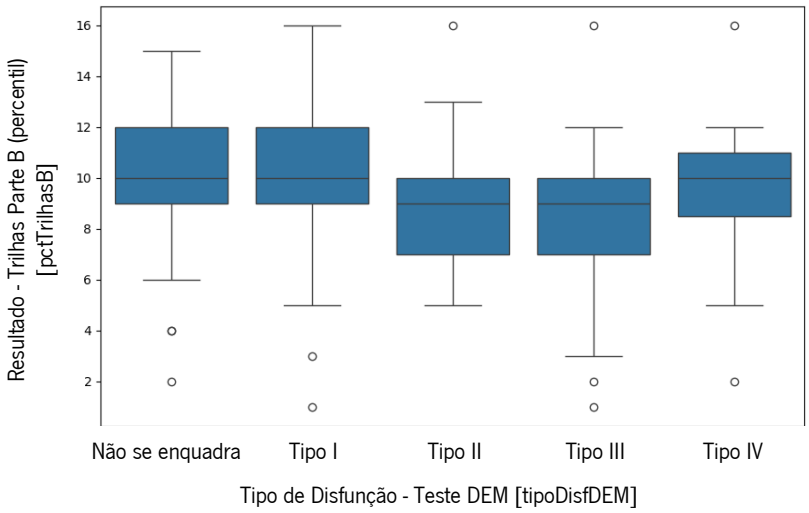


Figura 32- Gráfico boxplot do resultado em percentil da Parte B (Trilhas), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM.

Entre o tipo de disfunção (tipoDisfDEM) e o tempo de execução da parte A (tempoTrilhasA), verificou-se uma correlação positiva fraca significativa (τ = 0,169; p = 0,001). Em concordância, no gráfico da Figura 33, o tempo de execução aumenta com o nível de disfunção. Segundo o teste Kruskal–Wallis foram encontradas diferenças significativas no desempenho entre grupos (p < 0,05).

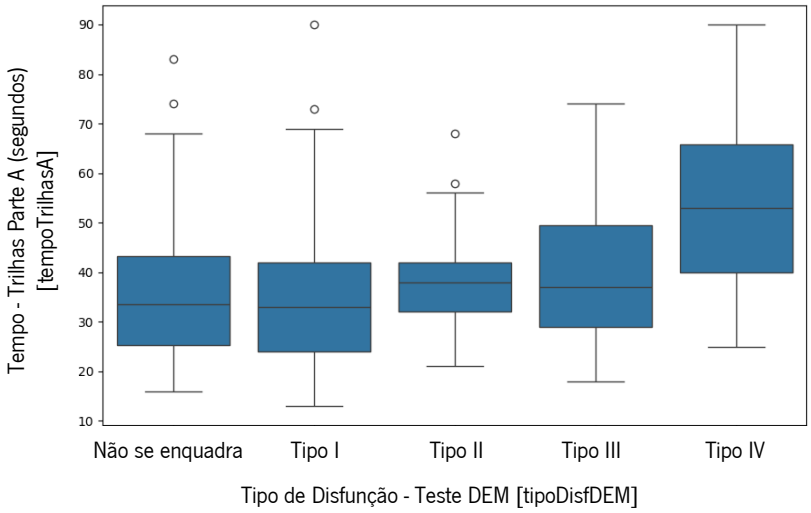


Figura 33- Gráfico boxplot do tempo de execução, em segundos, da Parte A (Trilhas), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM.

Verificou-se igualmente, entre o tipo de disfunção (tipoDisfDEM) e o tempo de execução da Parte B da prova (tempoTrilhasB), uma correlação positiva fraca, mas significativa ($\tau = 0{,}176$; $p = <0{,}001$). Em conformidade, o gráfico *boxplot* da Figura 34 mostra um aumento no tempo de execução da Parte B à medida que o nível de disfunção aumenta. Os grupos Tipo III e IV apresentam tempos significativamente mais longos. A dispersão dos tempos é maior nos grupos com maior disfunção, o que sugere maior variabilidade no desempenho. Através do teste Kruskal–Wallis, foram identificadas diferenças altamente significativas no desempenho entre os grupos ($p < 0{,}05$).

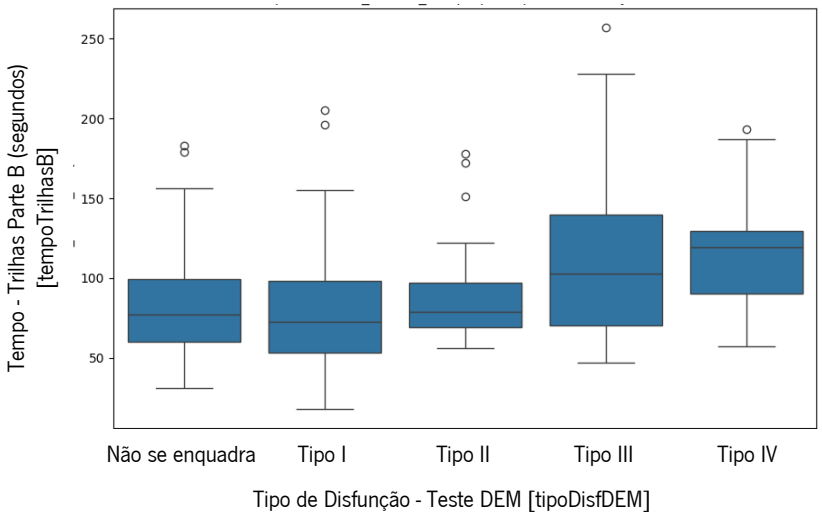


Figura 34- Gráfico boxplot do tempo de execução, em segundos, da Parte B (Trilhas), segmentado pelo tipo de disfunção segundo o teste DEM.

Capítulo 6. Discussão

6.1. Análise e Interpretação dos Resultados

De forma geral, os resultados evidenciados na análise inferencial apontam para correlações de magnitude fraca a moderada entre o tipo de disfunção (segundo o teste DEM) e as variáveis de desempenho nas diferentes provas aplicadas, confirmando parcialmente as hipóteses formuladas. Observa-se uma tendência consistente segundo a qual níveis mais elevados de disfunção estão associados a desempenhos inferiores, o que permite compreender de forma integrada a influência das alterações oculomotoras nas habilidades visuais e cognitivas avaliadas.

Na prova de Nomeação Rápida, os resultados indicam que o número de fixações está relacionado com a qualidade dos movimentos oculares, o que confirma a hipótese inicial. O grupo de participantes com disfunção Tipo IV distingue-se significativamente dos restantes quanto ao número de fixações, apresentando maior mediana e maior dispersão, sugerindo um padrão de controlo oculomotor menos eficiente.

Do ponto de vista funcional, o aumento do número de fixações reflete uma menor estabilidade e precisão dos movimentos sacádicos, resultando no aumento do tempo de processamento visual e na integração menos fluida da informação, o que compromete a automatização das respostas verbais (Benjamin & Borish, 2006; Scheiman & Wick, 2014). Assim, indivíduos com controlo oculomotor menos eficiente necessitam de mais fixações para identificar e processar os estímulos, o que se traduz num desempenho mais lento na tarefa.

A maior dispersão observada no grupo com disfunção Tipo IV pode estar relacionada com diferenças individuais entre os participantes, nomeadamente ao nível da fadiga, da motivação, da atenção ou da familiaridade com a tarefa. Também é possível que alguns indivíduos tenham recorrido a estratégias compensatórias durante a execução da tarefa, procurando ajustar o controlo do olhar para melhorar o desempenho. Estes fatores podem explicar a variabilidade encontrada nos padrões de fixação e reforçam a natureza multifatorial do controlo oculomotor em tarefas de nomeação rápida.

Estes resultados estão de acordo com a literatura, que aponta que as dificuldades oculomotoras estão associadas a um aumento do esforço visual e a um processamento menos

automatizado, afetando tanto a nomeação rápida como a leitura (Facchin, 2021; Orduna-Hospital, Navarro-Marqués, et al., 2023).

Tarefas de nomeação rápida partilham processos cognitivos e visuais semelhantes aos da leitura, como os movimentos sacádicos sequenciais, a estabilidade das fixações e o reconhecimento automatizado de estímulos visuais, razão pela qual um maior número de fixações tende a associar-se a uma menor fluidez na leitura (Wang et al., 2023). Em síntese, os resultados sugerem que a qualidade dos movimentos oculares desempenha um papel crucial na eficiência de tarefas de nomeação rápida e, consequentemente, de leitura.

Quanto aos resultados do teste de Wilkins, as análises combinadas — correlação, ANOVA e representação gráfica — fornecem evidências robustas e consistentes de que a eficiência dos movimentos oculares está diretamente associada ao desempenho na velocidade de leitura. Participantes com maior eficiência oculomotora, caracterizada por menores níveis de disfunção no teste DEM, apresentam velocidades de leitura superiores, o que reforça a importância das habilidades visuais na leitura eficiente (Hindmarsh et al., 2021; Leong et al., 2014).

Do ponto de vista neurofuncional, a leitura depende de uma coordenação precisa entre os movimentos sacádicos e os períodos de fixação, que permite a captação e processamento sequencial da informação visual. As sacadas deslocam o olhar de palavra em palavra, enquanto as fixações correspondem a momentos de integração cortical da informação visual e linguística (Benjamin & Borish, 2006; Scheiman & Wick, 2014). Assim, leitores mais eficientes apresentam sacadas rápidas e precisas, com fixações mais curtas e estáveis, refletindo uma maior automatização do controlo oculomotor e uma melhor integração visuo-verbal.

No subteste Código da WISC-III, observa-se uma correlação significativa entre a qualidade dos movimentos oculares e a pontuação obtida, indicando que participantes com melhores habilidades visuais alcançam desempenhos superiores. Esta prova avalia predominantemente a velocidade de processamento, a atenção sustentada e a coordenação visuomotora, exigindo que o sujeito associe rapidamente símbolos a estímulos visuais e os reproduza de forma correta dentro de um intervalo de tempo (Moura et al., 2014; Simões, 2002; Wechsler, 2003). O desempenho nesta prova depende da integração eficaz entre perceção visual, planeamento motor e memória de curto prazo, refletindo a capacidade de converter informação visual numa resposta motora automatizada (Prifitera et al., 2005).

Neste contexto, a eficiência dos movimentos oculares pode facilitar a exploração visual sequencial dos estímulos e reduzir o tempo necessário para localizar e codificar os símbolos, otimizando o desempenho global. Assim, uma maior precisão sacádica e estabilidade nas fixações oculares permitem processar a informação visual com menos esforço cognitivo, favorecendo uma gestão mais eficiente dos recursos atencionais (Moura et al., 2019). Estes resultados sugerem que a coordenação entre o controlo oculomotor e o processamento cognitivo rápido é determinante para o sucesso na tarefa, corroborando a relação entre eficiência visual e velocidade de processamento no subteste Código da WISC-III.

Relativamente à prova de Cancelamento de Sinais da BANC, os resultados deste estudo confirmam a hipótese de que a eficiência dos movimentos oculares, avaliada pelo teste DEM, está correlacionada com o desempenho na tarefa de atenção visual. De forma consistente, os percentis de desempenho e o número de acertos foram as variáveis mais afetadas pela disfunção oculomotora, indicando que participantes com maior disfunção apresentam menores níveis de eficácia na tarefa (Lima et al., 2023; Moura et al., 2018).

A prova de Cancelamento de Sinais requer atenção visual sustentada e seletiva, processos fundamentais para a deteção eficiente dos estímulos-alvo entre os distratores (Moura et al., 2018). A atenção sustentada permite manter o foco ao longo de todo o período de execução da tarefa, enquanto a atenção seletiva orienta os movimentos oculares para os estímulos relevantes, otimizando a exploração visual. Assim, participantes com melhor eficiência oculomotora conseguem direcionar e reajustar o olhar de forma mais precisa e rápida, maximizando o número de acertos e o desempenho global.

A ausência de diferenças significativas no número de erros e omissões poderá refletir que estes indicadores são menos sensíveis às variações na eficiência oculomotora, dependendo mais de fatores como o controlo inibitório, impulsividade ou eventuais estratégias compensatórias utilizadas durante a tarefa.

Em conjunto, estes resultados reforçam o papel da atenção visual como mediadora entre o controlo oculomotor e a eficiência cognitiva, demonstrando que a qualidade dos movimentos oculares influencia diretamente a capacidade de manter e direcionar o foco visual em tarefas de natureza atencional.

Na prova Trilhas A e B da BANC, os resultados reforçam a hipótese de que a eficiência dos movimentos oculares está correlacionada com o desempenho em tarefas que exigem alternância

entre estímulos. O tipo de disfunção apresenta um impacto mais evidente na Parte B (nas variáveis de tempo de execução e percentil de desempenho). Participantes com maior disfunção oculomotora registam tempos mais longos e percentis mais baixos, evidenciando dificuldades nesta tarefa que requer maior esforço cognitivo.

A diferença entre as Partes A e B da prova reflete níveis distintos de complexidade cognitiva. A Parte A avalia essencialmente a atenção sustentada e a velocidade de processamento visual, exigindo que o participante siga uma sequência numérica simples. Já a Parte B requer atenção alternada, flexibilidade cognitiva e planeamento visuoespacial, pois implica alternar entre duas sequências (números e letras), integrando diferentes tipos de informação e exigindo uma coordenação mais precisa entre os sistemas atencional, executivo e oculomotor (Moura et al., 2018).

Assim, o impacto da disfunção oculomotora é mais pronunciado na Parte B, onde o aumento da exigência cognitiva potencia os efeitos das dificuldades no controlo do olhar. Em contrapartida, na Parte A, a tarefa é mais automatizada e linear, sendo menos sensível às limitações oculomotoras (apresenta diferenças mínimas entre os grupos de disfunção, particularmente no resultado em percentil). Estes resultados estão de acordo com a literatura, que destaca que tarefas que requerem alternância atencional e integração visuocognitiva dependem fortemente da eficiência dos movimentos oculares e do controlo executivo visual (Linari et al., 2022; Recker & Poth, 2023).

Em conjunto, os dados reforçam que a eficiência oculomotora contribui não apenas para o processamento visual rápido, mas também para a gestão flexível da atenção e a coordenação entre múltiplas fontes de informação, aspetos essenciais para o desempenho em tarefas de natureza executiva como o Trilhas B.

De forma geral, os resultados deste estudo evidenciam que a eficiência dos movimentos oculares tem um papel determinante nas funções visuocognitivas. A precisão sacádica e a estabilidade das fixações revelam-se essenciais para a integração eficaz da informação visual e cognitiva, refletindo-se num melhor desempenho em tarefas de leitura, atenção e flexibilidade cognitiva. Em suma, estes resultados reforçam a importância de considerar a motilidade ocular como um indicador funcional relevante das capacidades visuocognitivas, com implicações tanto para a avaliação clínica como para o contexto educacional, apoiando o desenvolvimento de estratégias de deteção e intervenção mais precoces e integradas.

6.2. Limitações do Estudo

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Em primeiro lugar, o tamanho e a composição da amostra podem ter condicionado a generalização das conclusões. A amostra utilizada, embora representativa, esteve maioritariamente concentrada numa única escola, o que pode introduzir algum viés contextual. Esta distribuição desigual, aliada à heterogeneidade dos participantes, pode limitar a extrapolação dos resultados para outras populações com características demográficas ou contextuais distintas.

Além disso, fatores externos não controlados, como o nível de fadiga, motivação e familiaridade com as tarefas, poderão ter influenciado o desempenho dos participantes, introduzindo variabilidade não atribuível às variáveis experimentais.

No que diz respeito às limitações metodológicas, importa salientar que tanto o teste DEM como o *eye tracker* utilizado avaliam a eficiência oculomotora de forma indireta e em contexto laboratorial, o que pode não refletir com total fidelidade o comportamento visual em situações naturais.

Adicionalmente, o desenho transversal adotado impossibilita o estabelecimento de relações causais entre as variáveis analisadas, restringindo as conclusões ao nível correlacional.

Por fim, recomenda-se que investigações futuras recorram a desenhos longitudinais e intervenções experimentais, de modo a esclarecer o impacto do treino oculomotor sobre as funções visuocognitivas, permitindo compreender de forma mais robusta as relações entre o desempenho oculomotor e os processos cognitivos subjacentes.

Capítulo 7. Conclusão

O presente estudo teve como objetivo investigar a relação entre a eficiência dos movimentos oculares e o desempenho em testes de desenvolvimento cognitivo numa população escolar. Através da análise dos dados obtidos de 208 participantes, foram testadas cinco hipóteses principais, cujos resultados contribuem para uma compreensão mais aprofundada sobre a qualidade dos movimentos oculares e a sua relação com competências cognitivas, nomeadamente velocidade de processamento, atenção visual e funções executivas.

Em geral, os resultados obtidos demonstraram uma correlação significativa entre a qualidade dos movimentos oculares - avaliada pelo teste DEM - e o desempenho em provas cognitivas padronizadas, como o subteste Código da WISC-III, os testes de Nomeação Rápida, Trilhas e Cancelamento de Sinais da BANC, e o Teste de Wilkins, que avalia a velocidade de leitura.

7.1. Resumo dos Principais Achados

A primeira hipótese (Hipótese 1) previa que crianças com movimentos oculares mais eficientes apresentariam um menor número de fixações durante a prova de Nomeação Rápida, medida através de tecnologia de *eye tracking*. Os resultados confirmaram essa relação, evidenciando que crianças com melhor controlo oculomotor realizam menos fixações oculares.

A segunda hipótese (Hipótese 2) analisou a relação entre a qualidade dos movimentos oculares e o desempenho no subteste Código. Os achados sugerem que crianças com dificuldades oculomotoras tendem a apresentar desempenhos inferiores em tarefas que exigem velocidade de processamento e coordenação olho-mão.

Foi investigada igualmente a influência dos movimentos oculares na velocidade de leitura, avaliada através do teste de Wilkins (Hipótese 3). Os resultados indicam que crianças com menor eficiência nos movimentos oculares apresentam uma velocidade de leitura reduzida. Isto reforça a importância das habilidades visuais na leitura eficiente.

A quarta hipótese (Hipótese 4) examinou a relação entre a eficiência dos movimentos oculares e o desempenho em testes de atenção visual, especificamente na prova de Cancelamento de Sinais da BANC. Observou-se que crianças com maior disfunção apresentam percentis de

desempenho mais baixos e realizam menos acertos. No entanto, não foram identificadas diferenças significativas no número de omissões e erros, sugerindo uma associação menos expressiva entre esses indicadores e a eficiência dos movimentos oculares.

Por fim, investigou-se a correlação entre a eficiência dos movimentos oculares e o desempenho nas provas Trilhas A e B da BANC, que avaliam a capacidade de atenção sustentada e alternância entre tarefas (Hipótese 5). Os resultados mostraram que a disfunção impacta mais significativamente a Parte B da prova, com tempos de execução mais longos e percentis mais baixos. A Parte A, por ser uma tarefa mais simples, não apresentou diferenças tão marcantes entre os grupos.

7.2. Contribuições e Implicações

Os achados reforçam a importância da avaliação da motilidade ocular no contexto escolar, uma vez que dificuldades nos movimentos oculares podem comprometer significativamente a aprendizagem, sobretudo em tarefas que envolvem leitura e atenção visual (Hindmarsh et al., 2021; Scheiman & Wick, 2014). A identificação precoce de disfunções oculomotoras pode contribuir para a implementação de estratégias pedagógicas e terapêuticas direcionadas, promovendo uma melhor adaptação às necessidades das crianças e reduzindo os impactos negativos no rendimento escolar.

Apesar das contribuições deste estudo, devem-se considerar as suas limitações. Como já mencionado, futuros estudos deverão explorar com maior profundidade a relação entre diferentes padrões de movimentos oculares e o desempenho escolar a longo prazo, bem como avaliar o impacto de intervenções específicas na melhoria da eficiência oculomotora e cognitiva das crianças.

Conclui-se, assim, que a avaliação dos movimentos oculares deve ser integrada em contextos educacionais e clínicos, permitindo a deteção precoce de dificuldades visuais que possam comprometer o desenvolvimento cognitivo e académico das crianças. A inclusão de abordagens inovadoras, como o *eye tracking*, pode contribuir significativamente para uma melhor compreensão dos mecanismos envolvidos na aprendizagem e para a implementação de estratégias mais eficazes no apoio ao desenvolvimento infantil. Neste sentido, as escolas assumem um papel fundamental na promoção da saúde visual e na colaboração com profissionais de saúde

e educação, criando ambientes de aprendizagem mais inclusivos e sensíveis às necessidades visuais e cognitivas dos alunos.

Bibliografia

Academia das Ciências de Lisboa. (2001). Dicionário da Língua Portuguesa. https://dicionario.acad-ciencias.pt/pesquisa/

Albuquerque, C. P. (2012). Rapid naming contributions to reading and writing acquisition of European Portuguese. *Reading and Writing*, *25*(4), 775–797. https://doi.org/10.1007/s11145-011-9299-6

Albuquerque, C. P., & Simões, M. R. (2010). Rapid Naming Tests: Developmental Course and Relations with Neuropsychological Measures. *The Spanish Journal of Psychology*, *13*(1), 88–100. https://doi.org/10.1017/S1138741600003693

American Psychiatric Association. (2021). *Manual diagnóstico e estatístico e transtornos mentais: DSM-5*. Artmed.

Baptista, A. M. G., De Sousa, R. A. R. C., De Morais Guerra Casal, C. C., Marques, R. J. R., & Da Silva, C. M. L. R. (2011). Norms for the Developmental Eye Movement Test for Portuguese Children. *Optometry and Vision Science*, *88*(7), 864–871. https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e3182195dae

Benjamin, W. J., & Borish, I. M. (Eds.). (2006). *Borish's clinical refraction* (2. ed). Butterworth-Heinemann.

Borsting, E., Mitchell, G. L., Arnold, L. E., Scheiman, M., Chase, C., Kulp, M., Cotter, S., & CITT-RS Group. (2016). Behavioral and Emotional Problems Associated With Convergence Insufficiency in Children: An Open Trial. *Journal of Attention Disorders*, *20*(10), 836–844. https://doi.org/10.1177/1087054713511528

Borsting, E., Mitchell, G. L., Kulp, M. T., Scheiman, M., Amster, D. M., Cotter, S., Coulter, R. A., Fecho, G., Gallaway, M. F., Granet, D., Hertle, R., Rodena, J., & Yamada, T. (2012). Improvement in Academic Behaviors After Successful Treatment of Convergence Insufficiency. *Optometry and Vision Science*, *89*(1), 12–18. https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e318238ffc3

Brunyé, T. T., Drew, T., Weaver, D. L., & Elmore, J. G. (2019). A review of eye tracking for understanding and improving diagnostic interpretation. *Cognitive Research: Principles and Implications*, *4*(1), 7. https://doi.org/10.1186/s41235-019-0159-2

Chipman, S. F. (Ed.). (2017). *The Oxford handbook of cognitive science*. Oxford University Press.

Coubard, O. A., Urbanski, M., Bourlon, C., & Gaumet, M. (2014). Educating the blind brain: A panorama of neural bases of vision and of training programs in organic neurovisual deficits. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *8*. https://doi.org/10.3389/fnint.2014.00089

Donker, M., Kroesbergen, E., Slot, E., Van Viersen, S., & De Bree, E. (2016). Alphanumeric and non-alphanumeric Rapid Automatized Naming in children with reading and/or spelling difficulties and mathematical difficulties. *Learning and Individual Differences*, *47*, 80–87. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.12.011

Duchowski, A. T. (2017). *Eye Tracking Methodology*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57883-5

Facchin, A. (2021). Spotlight on the Developmental Eye Movement (DEM) Test. *Clinical Optometry*, *Volume 13*, 73–81. https://doi.org/10.2147/OPTO.S232487

Franchak, J. M., Heeger, D. J., Hasson, U., & Adolph, K. E. (2016). Free Viewing Gaze Behavior in Infants and Adults. *Infancy*, *21*(3), 262–287. https://doi.org/10.1111/infa.12119

Gila, L., Villanueva, A., & Cabeza, R. (2009). Fisiopatología y técnicas de registro de los

movimientos oculares. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, *32*. https://doi.org/10.4321/S1137-66272009000600002

Gilchrist, J. M., Allen, P. M., Monger, L., Srinivasan, K., & Wilkins, A. (2021). Precision, reliability and application of the Wilkins Rate of Reading Test. *Ophthalmic and Physiological Optics*, *41*(6), 1198–1208. https://doi.org/10.1111/opo.12894

Goldstein, E. B. (2010). *Sensation and perception* (8th ed). Wadsworth, Cengage Learning.

González-Vides, L., Hernández-Verdejo, J. L., & Cañadas-Suárez, P. (2023). Eye tracking in optometry: A systematic review. *Journal of Eye Movement Research*, *16*(3). https://doi.org/10.16910/jemr.16.3.3

Granet, D. B., Gomi, C. F., Ventura, R., & Miller-Scholte, A. (2005). The Relationship between Convergence Insufficiency and ADHD. *Strabismus*, *13*(4), 163–168. https://doi.org/10.1080/09273970500455436

Hindmarsh, G. P., Black, A. A., White, S. L., Hopkins, S., & Wood, J. M. (2021). Eye movement patterns and reading ability in children. *Ophthalmic and Physiological Optics*, *41*(5), 1134–1143. https://doi.org/10.1111/opo.12854

Houdé, O., & Borst, G. (Eds.). (2022). *The Cambridge Handbook of Cognitive Development* (1.ª ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108399838

ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics. (2025). https://icd.who.int/browse/2025-01/mms/en#2099676649

Leong, D. F., Master, C. L., Messner, L. V., Pang, Y., Smith, C., & Starling, A. J. (2014). The Effect of Saccadic Training on Early Reading Fluency. *Clinical Pediatrics*, *53*(9), 858–864. https://doi.org/10.1177/0009922814532520

Li, J., Guo, B., Cui, L., Huang, H., & Meng, M. (2020). Dissociated modulations of multivoxel activation patterns in the ventral and dorsal visual pathways by the temporal dynamics of stimuli. *Brain and Behavior*, *10*(7), e01673. https://doi.org/10.1002/brb3.1673

Lima, M., Baeta, É., Duro, D., Tábuas-Pereira, M., Valério, D., Freitas, S., Simões, M. R., & Santana, I. (2023). Toulouse-Piéron Cancellation Test: Normative scores for the portuguese population. *Applied Neuropsychology: Adult*, *30*(2), 169–175. https://doi.org/10.1080/23279095.2021.1918694

Linari, I., Juantorena, G. E., Ibáñez, A., Petroni, A., & Kamienkowski, J. E. (2022). Unveiling Trail Making Test: Visual and manual trajectories indexing multiple executive processes. *Scientific Reports*, *12*(1), 14265. https://doi.org/10.1038/s41598-022-16431-9

Linka, M., Sensoy, Ö., Karimpur, H., Schwarzer, G., & De Haas, B. (2023). Free viewing biases for complex scenes in preschoolers and adults. *Scientific Reports*, *13*(1), 11803. https://doi.org/10.1038/s41598-023-38854-8

Livingstone, M., & Hubel, D. (1988). Segregation of Form, Color, Movement, and Depth: Anatomy, Physiology, and Perception. *Science*, *240*(4853), 740–749. https://doi.org/10.1126/science.3283936

Matlin, M. W., & Farmer, T. A. (2016). *Cognition* (Ninth edition). Wiley.

Medland, C., Walter, H., & Margaret Woodhouse, J. (2010). Eye movements and poor reading: Does the Developmental Eye Movement test measure cause or effect?: DEM and poor reading. *Ophthalmic and Physiological Optics*, *30*(6), 740–747. https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2010.00779.x

Moura, O., Albuquerque, C. P., Salomé Pinho, M., Vilar, M., Filipa Lopes, A., Alberto, I., Pereira, M., Santos, M. J. S., & Simões, M. R. (2018). Factor Structure and Measurement Invariance of the Coimbra Neuropsychological Assessment Battery (BANC). *Archives of Clinical Neuropsychology*, *33*(1), 66–78. https://doi.org/10.1093/arclin/acx052

Moura, O., Costa, P., & Simões, M. R. (2019). WISC-III Cognitive Profiles in Children with

ADHD: Specific Cognitive Impairments and Diagnostic Utility. *The Journal of General Psychology*, *146*(3), 258–282. https://doi.org/10.1080/00221309.2018.1561410

Moura, O., Pereira, M., Albuquerque, C. P., Pinho, M. S., Vilar, M., Lopes, A. F., Alberto, I., Seabra Santos, M. J., & Simões, M. R. (2024). BANC: Dados Normativos através de Análises de Regressão para Adolescentes de 16 e 17 Anos de Idade. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación – e Avaliação Psicológica*, *71*(1), 23. https://doi.org/10.21865/RIDEP71.1.03

Moura, O., Simões, M. R., & Pereira, M. (2014). WISC-III Cognitive Profiles in Children with Developmental Dyslexia: Specific Cognitive Disability and Diagnostic Utility. *Dyslexia*, *20*(1), 19–37. https://doi.org/10.1002/dys.1468

Orduna-Hospital, E., Hernández-Aranda, D., & Sanchez-Cano, A. (2023). Ocular Motility Patterns in Intellectual Disability: Insights from the Developmental Eye Movement Test. *Life*, *13*(12), 2360. https://doi.org/10.3390/life13122360

Orduna-Hospital, E., Navarro-Marqués, A., López-de-la-Fuente, C., & Sanchez-Cano, A. (2023). Eye-Tracker Study of the Developmental Eye Movement Test in Young People without Binocular Dysfunctions. *Life*, *13*(3), 773. https://doi.org/10.3390/life13030773

Prifitera, A., Saklofske, D. H., & Weiss, L. G. (Eds.). (2005). *WISC-IV clinical use and interpretation: Scientist-practitioner perspectives* (1st ed). Elsevier Academic Press.

Recker, L., & Poth, C. H. (2023). Test–retest reliability of eye tracking measures in a computerized Trail Making Test. *Journal of Vision*, *23*(8), 15. https://doi.org/10.1167/jov.23.8.15

Scheiman, M., & Wick, B. (2014). *Clinical management of binocular vision: Heterophoric, accommodative, and eye movement disorders* (4., rev. ed). Lippincott Williams & Wilkins.

Simões, M. R. (2002). Utilizações da WISC-III na avaliação neuropsicológica de crianças e adolescentes. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, *12*(23), 113–132. https://doi.org/10.1590/S0103-863X2002000200009

Simões, M. R., Albuquerque, C. P., Pinho, M. S., Vilar, M., Pereira, M., Lopes, A. F., Santos, M. J. S., Alberto, I., Lopes, C., Martins, C., & Moura, O. (2016). *Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra—Manual de Administração e Cotação*. Hogrefe.

Simões, M. R., Seabra-Santos, M. J., Armelim Almiro, P., & S. Almeida, L. (2024). Testes Psicológicos mais Usados em Portugal: Resultados de um Inquérito a Psicólogos Portugueses. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación – e Avaliação Psicológica*, *72*(2), 91. https://doi.org/10.21865/RIDEP72.2.07

Singh, H., & Singh, D. J. (2012). *Human Eye Tracking and Related Issues: A Review*. *2*(9).

Skaramagkas, V., Giannakakis, G., Ktistakis, E., Manousos, D., Karatzanis, I., Tachos, N., Tripoliti, E., Marias, K., Fotiadis, D. I., & Tsiknakis, M. (2023). Review of Eye Tracking Metrics Involved in Emotional and Cognitive Processes. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, *16*, 260–277. https://doi.org/10.1109/RBME.2021.3066072

Tobii Corporate. (2025). *Global leader in eye tracking for over 20 years*. https://www.tobii.com/

Trattler, B., Kaiser, P. K., & Friedman, N. J. (2012). *Review of ophthalmology* (2nd ed). Saunders Elsevier.

Wang, H., Liu, F., & Yu, D. (2023). Complex network of eye movements during rapid automatized naming. *Frontiers in Neuroscience*, *17*, 1024881. https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1024881

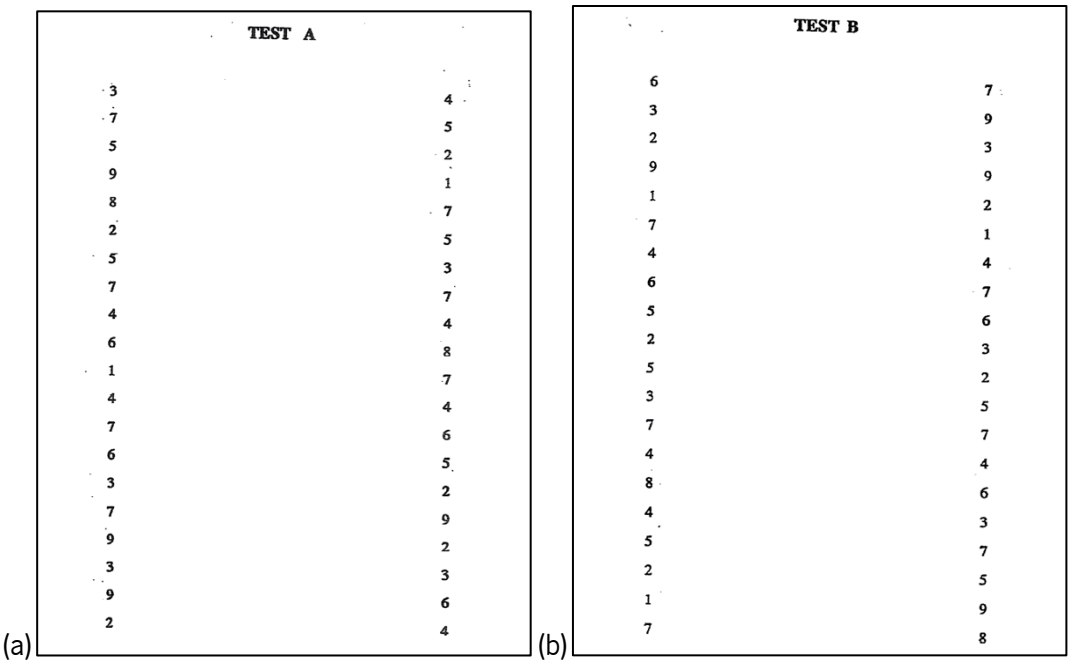
Wechsler, D. (2003). *Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças—3ª Edição: Manual Técnico*. Hogrefe.

Wilkins, A. J., Jeanes, R. J., Pumfrey, P. D., & Laskier, M. (1996). Rate of Reading Test®: Its reliability, and its validity in the assessment of the effects of coloured overlays. *Ophthalmic and*

Physiological Optics, *16*(6), 491–497. https://doi.org/10.1046/j.1475-1313.1996.96000282.x

Anexos

Anexo I: Teste DEM- Subtestes A, B e C



(a) (b)

Figura (a) e (b)- Subtestes (a) A e (b) B do teste DEM, de leitura vertical.

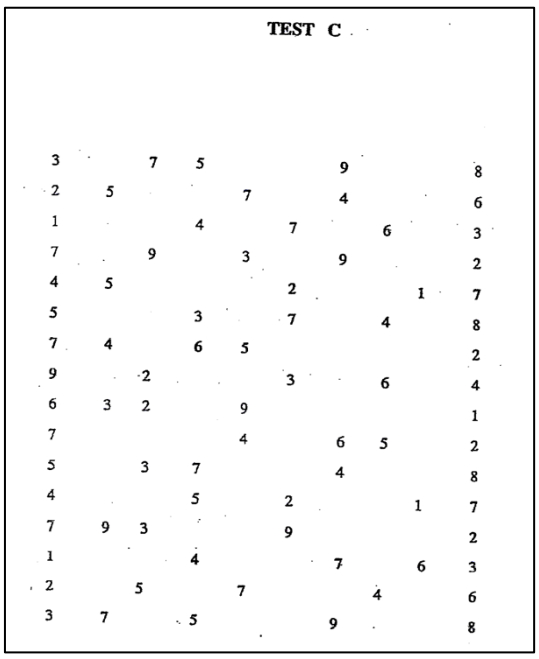


Figura 35- Subteste C do teste DEM, de leitura horizontal.

Anexo II: Subteste Código (WISC-III)- Código A e Código B

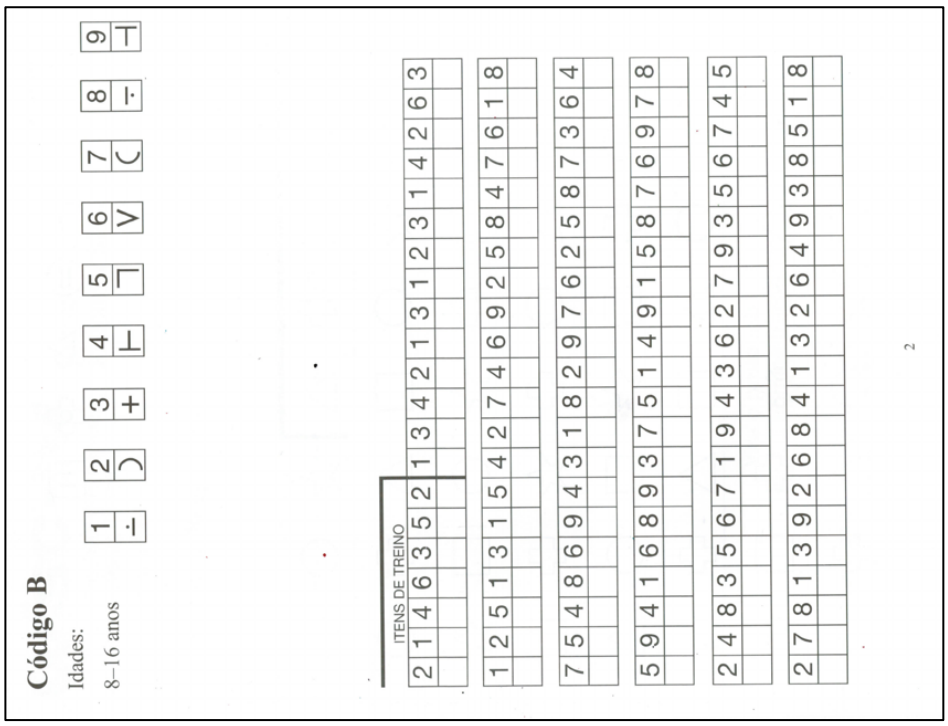


Figura 36- Folha de resposta do subteste Código A.

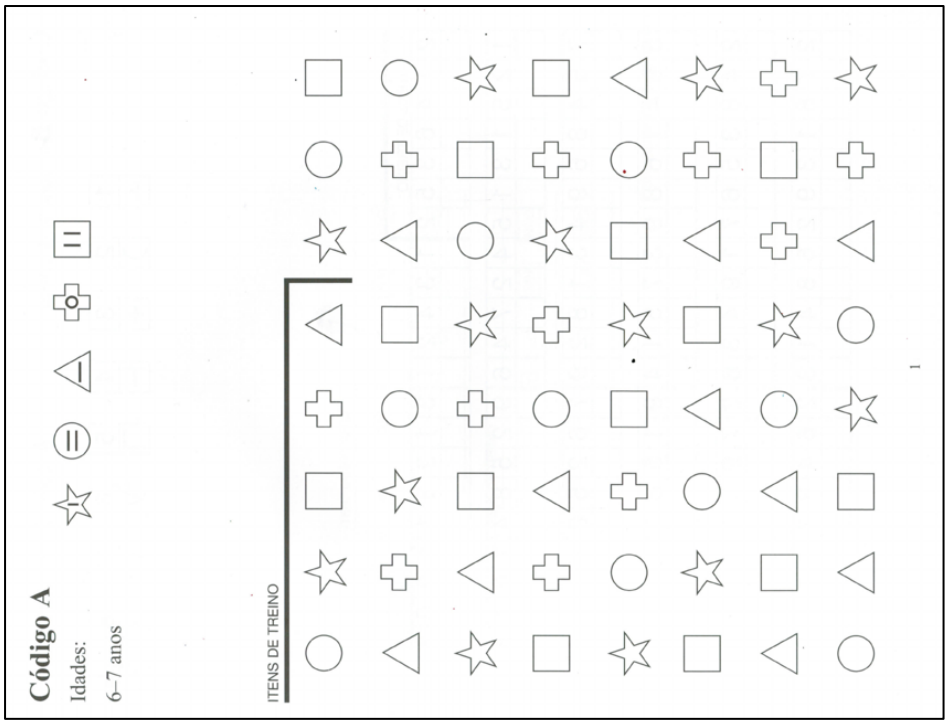


Figura 37- Folha de resposta do subteste Código B.

Anexo III: Teste de Wilkins

mãe dia gato bola com teu muito não para casa de viu ver vai cão
para gato cão não bola ver mãe teu muito de com viu vai dia casa
ver casa vai cão com viu não mãe dia gato bola teu de para muito
casa não dia viu de teu mãe ver cão gato para muito com bola vai
não para teu casa vai gato ver dia bola de viu com mãe cão muito
de dia gato cão casa não bola para teu muito com vai ver viu mãe
vai não gato viu de com muito bola cão casa dia ver para mãe teu
mãe de para teu cão gato ver não casa vai bola viu com dia muito
viu não gato bola de com para teu muito cão mãe ver dia vai casa
bola dia para muito viu gato não teu casa cão com de ver vai mãe
dia não teu ver viu gato bola casa vai muito com para mãe cão de
para viu casa ver não gato vai com de teu muito mãe dia cão bola

Figura 38- Texto do teste de Wilkins.

Anexo IV: Prova de Nomeação Rápida (BANC)

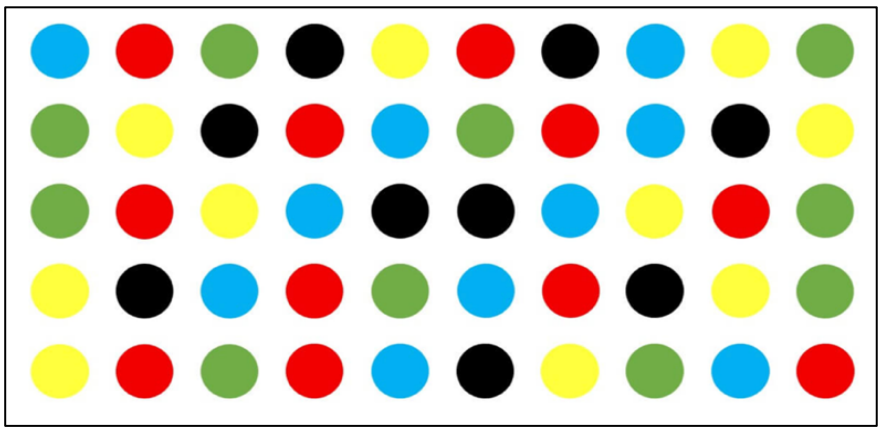


Figura 39- Estímulo apresentado ao participante na prova de nomeação rápida de cores (RAN de cores).

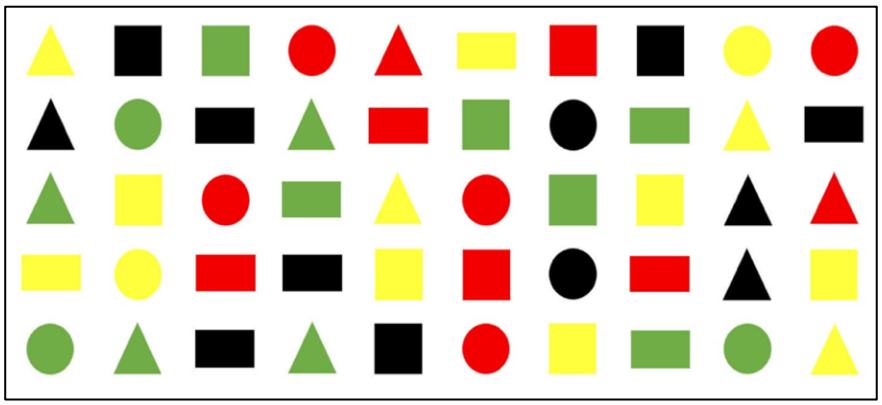


Figura 40- Estímulo apresentado ao participante na prova de nomeação rápida de formas e cores (RAS).

Anexo V: Teste de Cancelamento (BANC) de 2 e 3 sinais

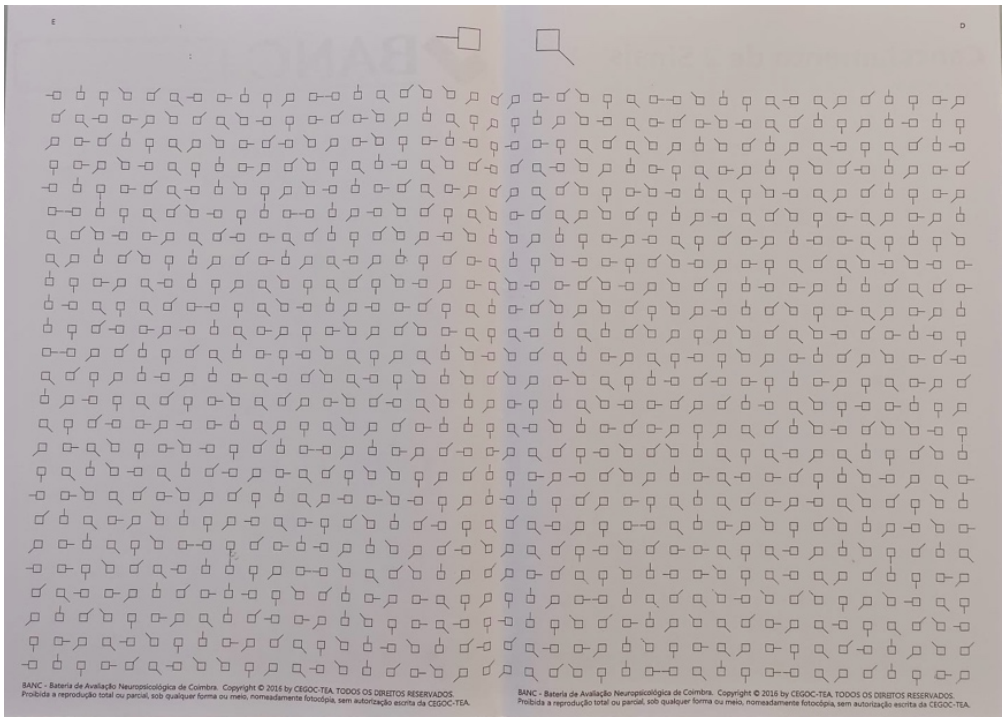


Figura 41- Folha de resposta da prova Cancelamentos de 2 sinais (BANC).

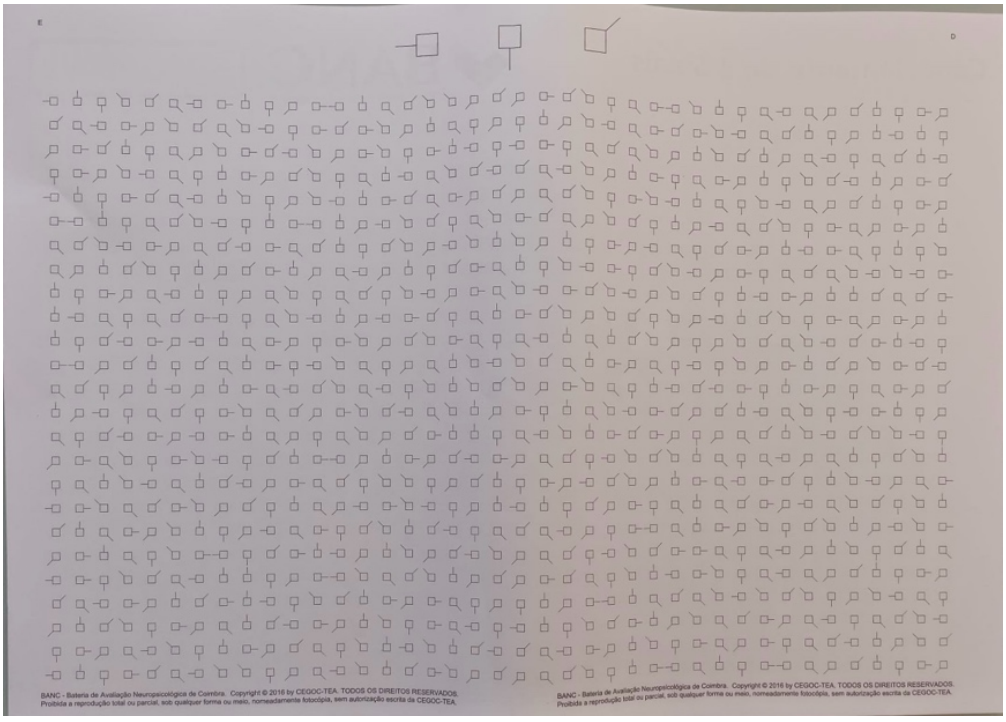


Figura 42- Folha de resposta da prova Cancelamento de 3 sinais (BANC).

Anexo VI: Prova Trilhas (BANC)- Parte A e B

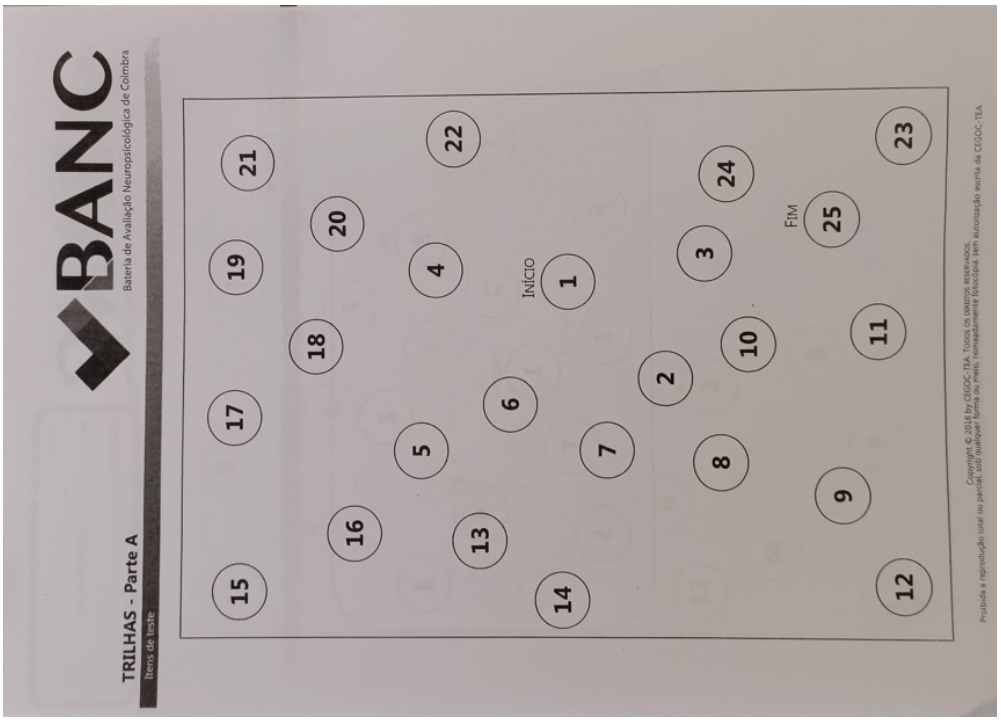


Figura 43- Folha de resposta da Parte A da prova Trilhas (BANC).

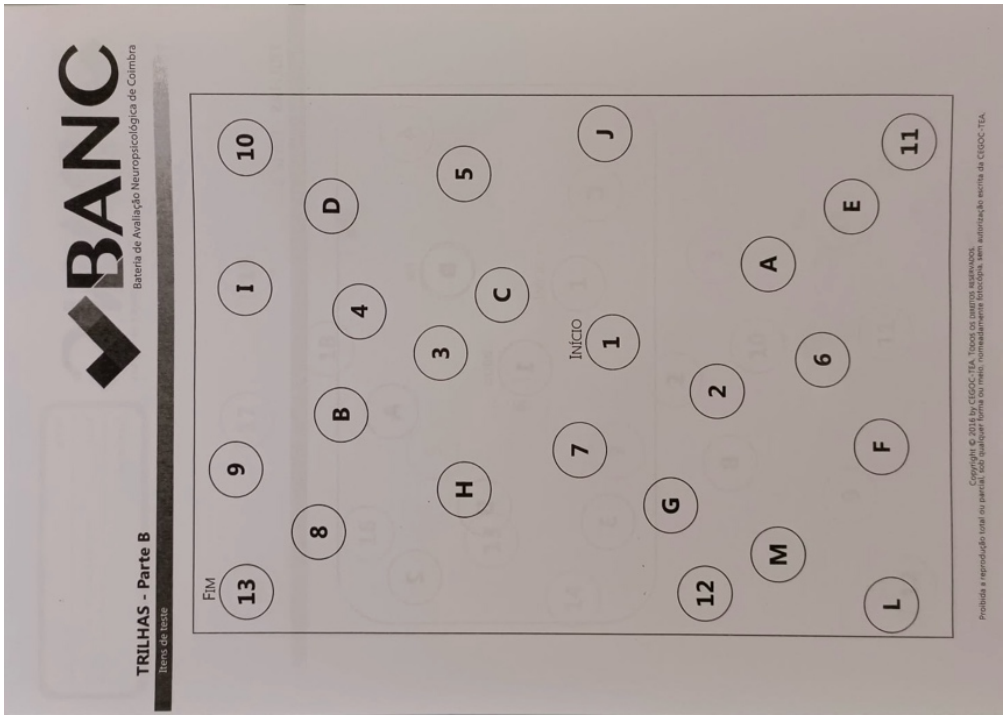


Figura 44- Folha de resposta da Parte B da prova Trilhas (BANC).