



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



E



UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS



CARACTERIZAÇÃO DA DIRECÇÃO DO OLHAR EM INDIVÍDUOS COM E SEM INSUFICIÊNCIA DE CONVERGÊNCIA

DISSERTAÇÃO ELABORADA COM VISTA À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM REABILITAÇÃO, NA ESPECIALIDADE DE DEFICIÊNCIA VISUAL

Orientador: Professora Doutora Maria Leonor Frazão Moniz Pereira da Silva

Júri:

Presidente

Professora Doutora Maria Leonor Frazão Moniz Pereira da Silva

Vogais

Professor Doutor Pedro Luís Camecelha de Pezarat Correia

Professor Doutor Manuel Eduardo Teixeira Monteiro Grillo

Professor Doutor Luís Nuno Coelho Ferraz de Oliveira

LUÍS ANTÓNIO DOS SANTOS MENDANHA DIAS

LISBOA, 2006

RESUMO

A eficácia do nosso sistema visual influencia o modo como recolhemos e processamos a informação. Uma visão ineficiente pode provocar uma menor capacidade no desempenho de algumas tarefas. Uma das situações mais comuns, onde isso se verifica é a insuficiência de convergência. Assim, pretendemos investigar a existência de diferenças significativas, durante a fixação e perseguição de um alvo, em indivíduos com e sem insuficiência de convergência. Utilizamos uma amostra composta por adultos jovens, distribuídos por dois grupos, um formado por indivíduos com visão binocular normal e outro por indivíduos com insuficiência de convergência, ambos com 26 participantes.

Os resultados obtidos apontam para uma perda de qualidade relativamente à fixação e perseguição visual, nos indivíduos com insuficiência de convergência e parecem sugerir também uma maior estabilidade da fixação e um movimento sacádico mais preciso nos indivíduos com visão binocular normal.

Deste modo, a correção da insuficiência de convergência é fundamental para a existência de um conforto visual adequado de modo a permitir um normal desempenho nas diferentes actividades diárias, evitando-se assim, repercussões negativas na qualidade de vida dos indivíduos.

Palavras-chave: insuficiência de convergência; visão binocular; movimentos oculares; sacadas; fixação; pesquisa visual.

ABSTRACT

The effectiveness of our visual system influences the way we collect and process information. An inefficient vision can cause a lesser capacity in the performance of some tasks. One of the most common situations, where this applies, is the convergence insufficiency. Thus, we intend to investigate the existence of significant differences, during the fixation and visual pursuit of a target, in individuals with and without convergence insufficiency. Our sample was composed by young adults, distributed in two groups, one formed by individuals with normal binocular vision and another one by individuals with convergence insufficiency, both with 26 participants.

The obtained results suggest a loss of quality relatively to the fixation and visual pursuit, in the individuals with convergence insufficiency and they also seem to suggest a bigger fixation stability and a more precise saccadic movement in the individuals with normal binocular vision.

Therefore, the correction of the convergence insufficiency is fundamental for the existence of a proper visual comfort in order to allow a normal performance in the different daily activities, preventing by itself, negative repercussions in the individuals' quality of life.

Key words: convergence insufficiency; binocular vision; ocular movements; saccade; fixation; eye tracking.

ÍNDICE GERAL

RESUMO.....	II
ABSTRACT.....	III
ÍNDICE GERAL.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABELAS.....	IX
INTRODUÇÃO.....	1
FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	3
OBJECTIVO DO ESTUDO.....	6
PERGUNTA DE PARTIDA.....	7
REVISÃO DA LITERATURA.....	8
A VISÃO.....	8
ESTRUTURAS ANEXAS AO GLOBO OCULAR.....	12
MOVIMENTOS OCULARES.....	14
Movimentos Oculares Voluntários.....	16
Sistemas de Estabilização do Olhar.....	23
Interações entre os Diferentes Tipos de Movimentos Oculares.....	28
Análise dos Movimentos Oculares.....	30
Medição dos Movimentos Oculares.....	31
VISÃO BINOCULAR.....	34
Ponto Próximo de Convergência.....	38
Insuficiência de Convergência.....	40
ATENÇÃO VISUAL.....	44
DIRECÇÃO DO OLHAR E ATENÇÃO VISUAL.....	50

METODOLOGIA	54
TIPO DE ESTUDO	54
DEFINIÇÃO DA POPULAÇÃO E SELECÇÃO DA AMOSTRA.....	54
HIPÓTESES	58
DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS.....	59
Variáveis dependentes	59
Variável independente	60
Variáveis não controladas.....	60
INSTRUMENTO	60
PROCEDIMENTO	68
LIMITAÇÕES DO ESTUDO	70
RESULTADOS.....	71
CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA	71
Amostra Total.....	71
Visão Binocular Normal	72
Insuficiência de Convergência	73
Correcção óptica	74
Ponto próximo de convergência	75
Convergência para perto (C').....	76
Divergência para perto (D').....	77
Estereopsia para perto.....	78
ANÁLISE DESCRITIVA – DIRECÇÃO DO OLHAR	79
Número de Fixações.....	79
Duração Média das Fixações	82
Média das Distâncias Inter-Fixações	84
Número de Inversões.....	86
ESTUDO COMPARATIVO – DIRECÇÃO DO OLHAR	88
Número de Fixações.....	89
Duração Média das Fixações	90
Média das Distâncias Inter-Fixações	92
Número de Inversões.....	95

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	97
SUGESTÕES FUTURAS	101
BIBLIOGRAFIA.....	102
ANEXOS	111
ANEXO I	112
Grelha de avaliação e caracterização da amostra	112
ANEXO II	116
Questionário de caracterização das queixas astenópicas.....	116
ANEXO III	119
Parâmetros de observação do pesquisador visual (<i>eye tracker</i>)	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pesquisador visual (eye tracker) modelo ASL 504.....	61
Figura 2: Os quatro reflexos de Purkinje.....	61
Figura 3: Posição da pupila em relação ao primeiro reflexo de Purkinje.....	62
Figura 4: Localização do alvo nas 15 posições possíveis	65
Figura 5: Os três primeiros pontos dos segmentos horizontais.....	66
Figura 6: Os três primeiros pontos dos segmentos verticais	67
Figura 7: Os 9 pontos de calibração	69
Figura 8: Amostra total (sexo).....	71
Figura 9: Visão binocular normal (sexo)	72
Figura 10: Insuficiência de convergência (sexo).....	73
Figura 11: Correção óptica (amostra total).....	74
Figura 12: Correção óptica (visão binocular normal/insuficiência de convergência).....	74
Figura 13: Ponto próximo de convergência (visão binocular normal/insuficiência de convergência).....	75
Figura 14: Convergência para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência)	76
Figura 15: Divergência para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência).....	77
Figura 16: Estereopsia para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência).....	78
Figura 17:Gráfico de caixas - Número de Fixações (E-D e D-E).....	80
Figura 18: Gráfico de caixas - Número de Fixações (C-B e B-C).....	81
Figura 19: Gráfico de caixas - Duração Média das Fixações (E-D e D-E)	83
Figura 20: Gráfico de caixas - Duração Média das Fixações (C-B e B-C)	83
Figura 21: Gráfico de caixas - Média das Distâncias Inter-Fixações (E-D e D-E).....	85
Figura 22: Gráfico de caixas - Média das Distâncias Inter-Fixações (C-B e B-C).....	86
Figura 23: Gráfico de caixas - Número de Inversões (E-D e D-E).....	87
Figura 24: Gráfico de caixas - Número de Inversões (C-B e B-C).....	88

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Amostra total	72
Tabela 2: Visão binocular normal (idade)	73
Tabela 3: Insuficiência de convergência (idade).....	73
Tabela 4: Ponto próximo de convergência (visão binocular normal/insuficiência de convergência).....	76
Tabela 5: Convergência para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência).....	76
Tabela 6: Divergência para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência)	78
Tabela 7: Estereopsia para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência)	79
Tabela 8: Número de Fixações - Visão binocular normal(VBN)/Insuficiência de convergência(IC).....	80
Tabela 9: Duração Média das Fixações - Visão binocular normal (VBN)/Insuficiência de convergência (IC).....	82
Tabela 10: Média das Distâncias Inter-Fixações - Visão binocular normal (VBN)/Insuficiência de convergência (IC).....	84
Tabela 11: Número de Inversões - Visão binocular normal (VBN)/Insuficiência de convergência(IC).....	87
Tabela 12: Teste de Mann-Whitney para o Número de Fixações	90
Tabela 13: Teste de normalidade para a Duração Média das Fixações	91
Tabela 14: Teste de T-Student para a Duração Média das Fixações	92
Tabela 15: Teste de Mann-Whitney para a Duração Média das Fixações.....	92
Tabela 16: Teste de normalidade para a Média das Distâncias Inter-Fixações.....	93
Tabela 17: Teste de T-Student para a Média das Distâncias Inter-Fixações.....	94
Tabela 18: Teste de Mann-Whitney para a Média das Distâncias Inter-Fixações	94
Tabela 19: Teste de Mann-Whitney para a Número de Inversões	95

INTRODUÇÃO

Com o Séc. XX, instala-se a civilização da imagem. Na realidade, vivemos actualmente numa sociedade onde os meios de comunicação e informação em massa nos influenciam constantemente. Há excepção da rádio, todos os outros meios de comunicação usam preferencialmente a imagem (televisão, jornais, revistas, cartazes publicitários, computadores, etc.), mesmo a televisão que utiliza a imagem conjuntamente com o som, este normalmente desempenha um papel secundário, chegando mesmo a servir unicamente de complemento da imagem.

O desenvolvimento tecnológico veio também valorizar a imagem, recorrendo cada vez mais a instrumentos onde se utiliza uma gama cada vez maior de cores e tons, sendo exemplo disso, os sistemas informatizados. Como consequência, assistimos na última década a um aumento do número de horas de utilização da visão de perto e de pormenor, quer na nossa actividade profissional quer durante o tempo de lazer. A visão tornou-se assim num dos sentidos mais importantes senão o mais importante de todos.

A visão é o produto dos nossos potenciais intrínsecos, das nossas experiências passadas e da informação actual. O funcionamento eficiente da visão permite-nos compreender melhor o mundo que nos rodeia e orientar com precisão e rapidez as nossas acções.

A eficácia do nosso sistema visual influencia o modo como recolhemos e processamos a informação. Repetidas solicitações do sistema visual tendem a criar problemas em indivíduos susceptíveis. Uma visão ineficiente pode provocar uma menor capacidade de desempenhar algumas tarefas correctamente ou fazer com que estas sejam realizadas com um esforço acrescentado. Uma das situações mais comuns, onde isso se verifica é a insuficiência de convergência, manifestando-se principalmente na visão ao perto.

A preocupação com esta temática surge de um modo natural e quase como consequência do nosso percurso profissional e académico. Como Ortopista, estivemos ligados, a maior parte dos nossos quase vinte anos de experiência profissional, à Secção de Estrabismo do Serviço de Oftalmologia do Hospital de Santa Maria, onde o nosso trabalho incidiu principalmente na avaliação e tratamento das perturbações da visão binocular, nas quais se insere a insuficiência de

convergência, tendo-nos sido possível também, devido à dinâmica do Serviço, realizar algum trabalho de investigação nesta área.

Por outro lado, enquanto docente do Curso Superior de Ortóptica da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, esta temática de investigação tem sido uma das que mais interesse nos tem despertado.

Este trabalho debruça-se sobre a problemática da insuficiência de convergência *versus* visão binocular normal. Assim sendo, a sua estrutura pretende fazer com que as diferentes partes que o constituem se conjuguem, realçando, de uma forma coerente, a problemática em questão. Procuramos deste modo, assegurar um rigor metodológico indispensável num trabalho desta natureza.

A organização do trabalho assenta em quatro partes principais, sendo a primeira composta pela Formulação do Problema, onde se pretende enquadrar os objectivos e a questão principal deste estudo, e pela Revisão da Literatura que pretendeu ser o mais exaustiva possível em relação à problemática da insuficiência de convergência e às questões da binocularidade e dos movimentos oculares que estão na sua base.

A segunda parte aborda a Metodologia utilizada, definindo a amostra, colocando as hipóteses, identificando as variáveis, descrevendo o instrumento e expondo todo o procedimento utilizado.

Na terceira parte são apresentados os Resultados onde para além da caracterização da amostra é apresentada uma análise descritiva e exposto o estudo estatístico seleccionado para este trabalho, de modo a dar resposta às hipóteses em estudo.

A quarta e última parte está reservada à Discussão e Conclusões deste estudo, onde se pretende interpretar e analisar os resultados relacionando-os com os estudos apresentados na revisão da literatura.

FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

No contexto da visão e da direcção do olhar, o conhecimento da via óptica, assim como dos aspectos cognitivos e comportamentais, são indispensáveis para uma completa compreensão da visão humana (Duchowski, 2002; 2003).

Dos vários problemas oculares, que se manifestam principalmente na visão ao perto, a insuficiência de convergência é um dos mais comuns (Cooper & Duckman, 1978), sendo mesmo, a mais comum das disfunções da vergência fusional (Ciuffreda, 2002).

A insuficiência de convergência é uma entidade clínica isolada sendo uma das principais causas de desconforto ocular. De facto, é a causa mais comum de astenopia muscular, sendo por isso de uma relevância clínica muito grande (Von Noorden, 1996).

A sintomatologia comum da insuficiência de convergência inclui diplopia, astenopia, cefaleias e visão turva normalmente associada a actividades que requerem visão ao perto, como é o caso da leitura, trabalho com computador ou trabalho de secretária. A sua incidência em crianças e adultos, nos Estados Unidos, varia entre os 2,25% e os 8,30% (Scheiman et al., 2002, 2005). No entanto, vários autores apresentam valores de incidência bastante diferentes que vão desde 1,75% a 25% (Cooper & Duckman, 1978).

Alguns autores, referem ter encontrado uma prevalência bastante acentuada da insuficiência de convergência em crianças disléxicas com 12 e 13 anos de idade (Latvala, Korhonen, Penttinen & Laippala, 1994). Outros estudos apontam também para uma incidência elevada da insuficiência de convergência em crianças entre os 8 e os 12 anos de idade, portadoras de correcção refractiva (Rouse, Hyman, Hussein & Solan, 1998).

Porcar e Matinez-Palomera (1997), referem que num estudo por eles realizado, devido à elevada prevalência de disfunções da visão binocular encontrada em estudantes universitários, onde a insuficiência de convergência apresentou um valor de 7,7%, deverá existir uma avaliação visual adequada nesta população, uma vez que essas alterações da visão binocular poderão ter um efeito negativo no seu rendimento académico.

Embora seja um problema há muito conhecido e os seus sintomas tenham vindo a ser descritos ao longo do tempo, por vários autores, ainda existe quem considere os pacientes com insuficiência de convergência neuróticos e achem que as suas queixas devem ser tratadas na consulta de psiquiatria. Este tipo de generalização deve ser rejeitada em absoluto (Von Noorden, 1996). Não sabemos se no nosso país este tipo de situação tem ou não uma ocorrência significativa. No entanto, parece-nos ainda haver, por parte de alguns dos nossos profissionais de saúde, uma tendência para não valorizarem devidamente as alterações relacionadas com a insuficiência de convergência.

Deshpande e Ghosh (1991) defendem que muitos dos pacientes catalogados como casos de “cefaleia funcional”, devido a apresentarem cefaleias persistentes sem que se consiga identificar a origem do problema mesmo após terem passado por consultas de diversas especialidades entre as quais oftalmologia, são casos de insuficiência de convergência involuntária.

Apesar de ainda não se saber com exactidão o impacto que a insuficiência de convergência tem no desempenho de um indivíduo na escola, no trabalho ou até mesmo na sua qualidade de vida (Scheiman et al., 2002, 2005), é nosso entender que devido às limitações e desconforto inerentes a este tipo de situações, não deixará de influenciar negativamente o quotidiano de um indivíduo quer seja no desempenho da sua actividade profissional quer durante as suas actividades de lazer.

Evitar algumas tarefas, principalmente ao perto, pode ser uma das maneiras, que os indivíduos com insuficiência de convergência têm, para controlar o desconforto que essa situação acarreta. Estes indivíduos poderão apresentar queixas do tipo: visão turva, diplopia, desconforto ocular durante ou imediatamente a seguir a trabalho ao perto, cefaleias frontais, náusea, sonolência, perda de concentração, sensação de peso nas pálpebras, fadiga geral e sensação de que os olhos são “empurrados para fora”. Como facilmente podemos deduzir, este tipo de situação terá necessariamente impacto na qualidade de vida do indivíduo, com especial incidência no desempenho escolar e profissional (Ciuffreda, 2002).

A alternância da fixação binocular entre vários objectos é normalmente realizada pela combinação de dois tipos de movimentos oculares: versões e vergências. Durante a execução de tarefas como a leitura, trabalho com monitores ou a manipulação ao perto de pequenos objectos, é importante que os movimentos de vergência sejam precisos, de modo a ser possível manter a fixação binocular

(van Leeuwen, Westen, van der Steen, de Faber & Collewijn, 1999). No mesmo trabalho os autores referem também que a medição dos movimentos oculares em indivíduos com insuficiência de convergência pode fornecer uma informação útil para o estabelecimento de critérios mais eficazes no diagnóstico da insuficiência de convergência.

Neste sentido, nos últimos anos têm sido utilizados, como instrumentos de estudo dos movimentos oculares, sistemas de pesquisa visual denominados internacionalmente por *eye trackers*¹. Este tipo de sistemas são aplicados em diversas áreas do conhecimento, onde a motilidade ocular e a atenção visual desempenham um papel fundamental.

Basicamente, os dispositivos de pesquisa visual (*eye tracking*)¹, permitem-nos obter os parâmetros necessários à identificação do ponto para onde o indivíduo está a olhar, através de um mecanismo de alta precisão. Deste modo, podem-se avaliar os movimentos oculares durante a fixação e perseguição de um alvo que pode ser uma imagem ou um objecto.

Assim, neste estudo, foi utilizado um sistema de pesquisa visual (*eye tracking*), modelo 504 da empresa americana Applied Science Laboratories (ASL), que se baseia no tamanho da pupila e no reflexo corneano. Seleccionámos este equipamento, não só por nos possibilitar um sistema de registo muito preciso, trazendo acoplado um conjunto de aplicações informáticas para tratamento dos dados, mas também por ser um sistema amplamente utilizado em investigação, em diferentes áreas científicas.

Pensamos que a comparação dos registos obtidos pelo sistema de pesquisa visual (*eye tracking*, ASL – 504), em indivíduos com insuficiência de convergência e indivíduos com visão binocular normal, pode ser um contributo para a caracterização da problemática das disfunções binoculares em geral e em particular na insuficiência de convergência. Só através do aumento do conhecimento dos mecanismos que estão por trás destas situações é que podemos melhorar a nossa intervenção quer seja a nível da definição dos critérios de diagnóstico quer seja na elaboração e optimização dos protocolos terapêuticos.

¹ Embora os termos *eye tracker* e *eye tracking* possam ser traduzidos por *seguidor ocular* e *seguimento ocular* respectivamente, em nossa opinião, *pesquisador visual* e *sistema de pesquisa visual*, parece-nos uma tradução mais correcta. Assim sendo, estas designações serão as utilizadas ao longo de todo o texto, mantendo-se o termo em inglês dentro de parênteses.

OBJECTIVO DO ESTUDO

A caracterização da direcção do olhar, através da análise dos movimentos oculares, está na base do presente estudo. Deste modo, pretendemos investigar a existência de diferenças significativas, durante a fixação e perseguição de um alvo colocado a 50cm, em adultos jovens com insuficiência de convergência e adultos jovens com visão binocular normal.

Através da comparação, da fixação e perseguição de um alvo circular entre os indivíduos pertencentes aos dois grupos em estudo, poderão ser observadas diferenças no comportamento dos movimentos oculares. Assim sendo, parece-nos possível encontrar diferenças, relativamente aos movimentos oculares, entre os parâmetros analisados, durante a fixação e perseguição de um alvo circular pelos dois grupos de indivíduos, variando a direcção e o sentido da sequência, do alvo mostrado.

Consideramos importante, devido às alterações que ocorrem a nível dos movimentos oculares em indivíduos com insuficiência de convergência, investigar o comportamento dos diferentes parâmetros nas condições estabelecidas, nos sentidos mais usuais e nos sentidos menos usuais, ou seja, na horizontal da esquerda para a direita e na vertical de cima para baixo, para os mais usuais e na horizontal da direita para a esquerda e na vertical de baixo para cima, para os menos usuais. Esta situação prende-se com o facto de na nossa cultura estes serem os sentidos utilizados durante a leitura e escrita.

Resumindo, pretendemos com este trabalho de investigação realçar e caracterizar as diferenças existentes, durante a fixação e perseguição de um alvo, entre os indivíduos com insuficiência de convergência e indivíduos com visão binocular normal. A identificação dos factores que estão na origem dessas diferenças é também um dos propósitos deste estudo, esperando deste modo, contribuir para uma melhor compreensão desta problemática.

PERGUNTA DE PARTIDA

A questão central subjacente a este estudo surgiu naturalmente no seguimento dos objectivos por nós propostos. Deste modo, podemos sintetizá-la da seguinte forma:

Será que existem diferenças significativas durante a fixação e perseguição de um alvo, em indivíduos com insuficiência de convergência e indivíduos com visão binocular normal?

Mantendo a mesma linha de pensamento e partindo da questão central, surgiu-nos uma sub-questão equacionada do seguinte modo:

Será que a existência de diferenças significativas durante a fixação e perseguição de um alvo, em indivíduos com insuficiência de convergência e indivíduos com visão binocular normal é influenciada pela variação da direcção e sentido da sequência com que o alvo é mostrado?

Chegados a este ponto, e de modo a facilitar uma melhor compreensão desta problemática, passaremos de seguida à abordagem teórica do tema central deste trabalho de investigação.

REVISÃO DA LITERATURA

Para o Homem, a percepção do mundo exterior faz parte da experiência diária. A compreensão do mundo através da luz tem uma conotação sensorial, perceptiva e cognitiva. Para esse efeito o olho e o olhar desempenham um papel muito importante.

A direcção do olhar implica, não só o movimento dos olhos para fixarem um determinado alvo mas também a capacidade que estes têm de ver. Assim sendo, e uma vez que sem visão não teríamos direcção do olhar, iniciaremos por, de uma forma breve, abordar o tema da visão.

A Visão

A informação que recebemos através dos olhos é numerosa e variada. Provém de várias direcções do espaço, com diferentes contrastes e iluminações, em visão estática ou dinâmica, de dia ou de noite. O processo através do qual estas informações são detectadas para posterior identificação e análise denomina-se “visão” (Artigas, Capilla, Felipe & Pujol, 1995).

A visão é o produto dos nossos potenciais intrínsecos, das nossas experiências passadas e da informação actual. O funcionamento eficiente da visão permite-nos compreender melhor o mundo que nos rodeia e orientar com precisão e rapidez as nossas acções.

A visão ou o acto visual é composto por diferentes mecanismos e, de modo a facilitar a sua compreensão, pode dividir-se em três etapas essenciais (Andrade, 1966; Artigas et al, 1995):

- **1ª Etapa** – Os raios luminosos provenientes de objectos ou fontes luminosas exteriores penetram no olho através dos seus meios

ópticos², permitindo deste modo a sua focagem, opticamente correcta, no plano da retina.

- **2ª Etapa** – Na retina, que é a membrana visual por excelência, os raios luminosos estimulam este órgão e provocam uma excitação que depende da intensidade e da qualidade do estímulo. Desencadeiam-se, assim, nas células retinianas (fotorreceptores), fenómenos complexos de transformação do sinal luminoso em impulso nervoso a que se dá o nome de fototransdução.
- **3ª Etapa** – O impulso nervoso gerado nos fotorreceptores retinianos é conduzido através da via óptica até ao córtex visual, onde se realiza a interpretação da informação recebida e a elaboração da imagem, dados estes que associados aos correspondentes, fornecidos pelas áreas corticais relativas aos outros órgãos dos sentidos, vão integrar a percepção visual global dessa realidade.

Com uma abordagem um pouco diferente dos autores anteriores e colocando o enfoque na componente funcional, a American Academy of Optometry e a American Optometry Association, numa declaração conjunta em 1999, referem que a visão é o sentido dominante. Sendo este, composto por três áreas funcionais:

- **A integridade do trajecto visual**, incluindo a saúde ocular, a acuidade visual e o estado refractivo.
- **As capacidades visuais**, incluindo a acomodação, a visão binocular e os movimentos oculares.
- **O processamento da informação visual**, incluindo a identificação, a discriminação, a consciência espacial e a integração com os outros sentidos.

² Os meios ópticos do olho, como ficou demonstrado nos estudos realizados por Gomes da Luz (1998), são o filme lacrimal, a córnea, o humor aquoso, o cristalino e o vítreo.

Qualquer objecto, iluminado e móvel, que passe no campo de visão (campo visual) dum olho normal, projecta raios luminosos sobre a retina, possibilitando ao córtex visual a elaboração da sua imagem (Martins, 1977). O campo visual é o espaço em que pode ser observado um objecto, enquanto o olhar permanece fixo num determinado ponto (Martin & Bueno, 1997).

O olho apesar de ter uma função muito importante na capacidade visual de um indivíduo, no entanto, e pelo anteriormente referido, facilmente podemos concluir que não é o único responsável. Quando a informação luminosa de um objecto se projecta sobre os milhões de células retinianas (células sensoriais), desencadeia-se um processo fotoquímico que está na origem de impulsos eléctricos, que serão transmitidos ao cérebro por cerca de um milhão de fibras, que compõem o nervo óptico. É então ao cérebro, principalmente à zona occipital, que compete decifrar e interpretar os estímulos nervosos de modo a que possamos elaborar a imagem daquilo que observamos.

Resumidamente podemos dizer que o olho é um receptor de informação, que o nervo óptico transmite e que o cérebro sintetiza, analisa, integra, consciencializa e interpreta, tendo como base todas as experiências anteriormente vividas e armazenadas (Martins, 1977).

Analisando mais em pormenor o papel do olho na visão, Allen (1979) refere que a função visual de um olho se podia subdividir em sentido da forma, sentido cromático e sentido luminoso.

- **Sentido da forma** – É a capacidade que o olho tem de fornecer informação que nos permite perceber a forma dos objectos. É mais vulgarmente conhecido pelo nome de acuidade visual. A mácula é a zona da retina onde se projecta a informação global de máxima nitidez de um objecto quando se olha directamente para ele e, em situações normais, é a zona com maior acuidade visual (visão central). A visibilidade de um objecto está dependente do tamanho do objecto e da distância a que este se encontra. A conjugação destes dois factores permite-nos calcular o ângulo visual mínimo ou, por outras palavras, permite calcular a menor projecção retiniana que pode ser percebida. Os detalhes de um objecto deixam de ser perceptíveis quando este forma um ângulo visual menor que 1' (minuto). A informação projectada

noutras zonas da retina, sem ser a mácula, é pouco clara, mas de grande importância para a leitura, para observar objectos de grandes dimensões para a orientação e para a detecção do movimento. A isto, dá-se o nome de visão periférica.

- **Sentido cromático** – É a capacidade que o olho tem de nos permitir distinguir cores. Esta capacidade é dada pelos cones, que são células fotorreceptoras visuais, também responsáveis pela visão de pormenor. É na mácula que estes cones atingem a sua máxima concentração a qual diminui progressivamente e em alto grau a caminho da periferia da retina. As outras células fotorreceptoras da retina são os bastonetes e têm uma distribuição na retina, a nível da densidade, inversa à dos cones e na proporção aproximada de 10 bastonetes para 1 cone. Estas células têm uma grande sensibilidade em condições de fraca luminosidade e apresentam também uma sensibilidade elevada ao movimento.
- **Sentido luminoso** – É a faculdade que o olho tem para reagir a várias gradações na intensidade luminosa. As mudanças de intensidade de iluminação, obrigam a algumas adaptações do globo ocular nomeadamente, no caso de elas serem bruscas, produzem primeiro uma redução da visão, para progressivamente conseguir uma adaptação à obscuridade ou à luz.

Jiménez (1997), realça o papel da visão ao referir a existência de uma relação entre visão e movimento e por sua vez entre movimento e visão. A presença de uma correcta coordenação entre visão e movimento permite uma maior rapidez no desenvolvimento motor e sensoriomotor, assim como uma maior consistência desse desenvolvimento.

ESTRUTURAS ANEXAS AO GLOBO OCULAR

O globo ocular está alojado numa cavidade óssea denominada órbita. As órbitas estão simetricamente dispostas, uma em cada lado face, sendo cada uma formada por sete ossos diferentes da face e do crânio. Esses ossos apresentam uma espessura maior no bordo da órbita, conferindo-lhes assim uma grande resistência, o que permite fornecer a protecção adequada ao globo ocular (Correia, Espanha & Silva, 1999). Considerando mesmo Ward (1996), ser essa a principal função da órbita.

Baranowska-George (1995) refere que o globo ocular, o nervo óptico e os músculos oculares ocupam a maior parte da órbita.

A órbita contém (Ward, 1996):

- O globo ocular, que se localiza na porção anterior e que ocupa apenas um quinto do seu espaço.
- O nervo óptico, que emerge da porção posterior do globo ocular.
- Os seis músculos extrínsecos, que estão ligados à órbita e ao globo ocular e são responsáveis pelos movimentos do olho.
- Outros nervos, incluindo os que enervam os músculos extrínsecos.
- Vasos sanguíneos que nutrem as várias estruturas do olho.
- A glândula lacrimal, que produz lágrimas que lubrificam a porção frontal do olho e a face posterior das pálpebras.
- Tecidos de ligação que fixam as várias estruturas do olho.
- Gordura que protege o conteúdo da órbita de pancadas e movimentos bruscos.

Os músculos oculares extrínsecos ou músculos oculomotores são responsáveis pela mobilidade dos olhos. Esta é uma característica fundamental, pois permite-nos alterar o campo visual sem mover a cabeça (Correia, Espanha & Silva, 1999).

São seis os músculos oculomotores, quatro rectos e dois oblíquos.

Os músculos rectos dividem-se em horizontais (recto interno e recto externo) e verticais (recto inferior e recto superior). Têm todos origem no tendão de Zinn, que se insere no ápice da órbita junto à fenda esfenoidal, terminando no globo ocular à frente do equador, sendo as respectivas inserções esclerais localizadas (de acordo com nome do respectivo músculo) na porção interna, externa, inferior e superior do globo ocular, formando (devido às diferentes distâncias das inserções ao limbo esclero corneano) a espiral de Tillaux (Hugonnier & Hugonnier, 1981).

Os músculos oblíquos são o grande oblíquo ou oblíquo superior e o pequeno oblíquo ou oblíquo inferior.

O músculo grande oblíquo tem a sua inserção junto ao tendão de Zinn e corre de dentro para fora ao longo do ângulo supero-interno da órbita até passar num anel fibroso, a tróclea, invertendo a direcção, para trás e para fora, inserindo-se na porção superior do globo ocular, atrás do equador (Hugonnier & Hugonnier, 1981). É necessário considerar a tróclea como a sua inserção fisiológica, porque ela determina a direcção de acção do músculo (Baranowska-George, 1995).

O músculo pequeno oblíquo insere-se ao nível do ângulo infero-interno da porção anterior da órbita, dirigindo-se para trás e para fora, para se inserir no quadrante postero-externo do globo ocular, passando por baixo do músculo recto inferior (Hugonnier & Hugonnier, 1981).

A enervação dos músculos oculomotores é assegurada por três pares cranianos (III, IV e VI). O III par ou motor ocular comum, enerva os músculos recto interno, recto superior, recto inferior e pequeno oblíquo. O IV par ou patético enerva o músculo grande oblíquo e o VI par ou motor ocular externo, enerva o músculo recto externo.

Cada músculo tem uma acção primária que permite movimentar o globo ocular em várias direcções. Esta acção é determinada pela inserção escleral e orbitária do músculo e pela posição que o olho apresenta sempre que seja necessário movimentá-lo novamente (Ward, 1996).

A contracção do músculo recto interno faz o olho virar para dentro (adução) e a contracção do músculo recto externo faz o olho virar para fora (abdução). Os restantes músculos oculomotores quando se contraem determinam combinações de movimentos verticais, horizontais e de torção, dependendo da posição horizontal do olho. No entanto, quando o globo ocular está em abdução, formando um ângulo de 23° em relação à posição primária (olhar em frente), quer dizer que está alinhado com o plano dos músculos rectos superior e inferior, neste caso, o movimento produzido pela contracção de cada um desses músculos será unicamente de elevação (supradução) para o músculo recto superior e de abaixamento (infradução) para o músculo recto inferior. Quando o globo ocular está em adução, formando um ângulo de 51° em relação à posição primária, ficando deste modo alinhado com o plano dos músculos grande oblíquo e pequeno oblíquo, assim, nestas condições o movimento produzido pela contracção de cada um desses músculos, será unicamente de infradução para o músculo grande oblíquo e de supradução para o músculo pequeno oblíquo (Pavan-Langston, 1998).

Os seis músculos oculomotores de cada olho deverão trabalhar em conjunto para que se atinja a direcção do olhar desejada, contraindo-se umas vezes e relaxando-se outras (Ward, 1996).

MOVIMENTOS OCULARES

É através do movimento conjugado dos dois olhos, ou seja, pela contracção coordenada dos músculos oculomotores, que podemos fixar e perseguir um objecto, mesmo quando ele se desloca a grande velocidade. Para esse efeito, existem mecanismos voluntários, quando procuramos o objecto a fixar e mecanismos involuntários, quando automaticamente mantemos o olhar sobre o objecto (Correia, Espanha & Silva, 1999).

Os movimentos oculares, como acções mecânicas que são, estão sujeitas às leis gerais da cinética. Têm por objectivo a movimentação do globo ocular nas diferentes direcções, o que permite a captação das imagens do mundo que nos rodeia, com a máxima qualidade possível, de forma a poder ser percebida e analisada pelas estruturas corticais, contribuindo para a resposta motora. São vários

os movimentos oculares, que, desta forma, permitem melhorar a qualidade das imagens captadas pelo olho, de acordo com a informação dos músculos oculomotores e estruturas inervacionais adjacentes.

O movimento de um corpo esférico livremente suspenso, pode ser reduzido à combinação de um ou mais movimentos possíveis: laterais, verticais ou antero-posteriores, podendo, ainda, rodar sobre cada um destes eixos (Von Noorden, 1996). Sendo estes, de acordo com Hugonnier e Hugonnier (1981), os eixos principais de rotação do globo ocular. Referem também, que às rotações de apenas um olho sobre cada um desses eixos se dá o nome de ducções, sendo que as rotações sobre o eixo vertical são as aduções e as abduções e sobre o eixo horizontal são as elevações e as depressões, a estes quatro movimentos dá-se o nome de movimentos cardinais do globo ocular. As rotações sobre o eixo antero-posterior ou sagital são as excicloduções e as incicloduções.

Os movimentos oculares podem ser simples ou complexos, sendo simples quando não é utilizado mais que um eixo principal de rotação e complexos quando são formados através da utilização de mais do que um eixo principal. Todas as combinações são possíveis, sendo certo que na visão usual, raros são os movimentos simples.

A classificação dos movimentos oculares pode variar significativamente de autor para autor, essa variação deve-se, em nosso entender, sobretudo ao contexto em que é feita a abordagem deste tema.

Em 1981 Hugonnier e Hugonnier divide os movimentos oculares em voluntários e reflexos. Os primeiros podem ser conjugados (versões) ou disjuntos (vergências), e os segundos dividem-se por sua vez em: reflexos psico-ópticos (fixação e fusão) e reflexos puros ou posturais (estáticos e estatocinéticos), nos quais a visão não tem nenhum papel.

Numa abordagem mais centrada na intervenção estrabológica e na recuperação das funções binoculares, Von Noorden (1996), de uma forma mais simples, separa os movimentos oculares em monoculares e binoculares, sendo que os binoculares podem ser versões (horizontais, verticais, oblíquas e cicloversões) e vergências (convergência, divergência, movimentos verticais e ciclofusionais).

Godaux e Cheron (1989) apresentam uma classificação bastante mais pormenorizada dos movimentos oculares, dividindo-os em voluntários e de estabilização do olhar. Os movimentos voluntários dividem-se em: movimentos de

manutenção do olhar, movimentos sacádicos, movimentos de perseguição e movimentos de vergência. Por sua vez os movimentos de estabilização do olhar dividem-se em: reflexo vestibulo-oculomotor e resposta optocinética.

Um pouco mais tarde Spielmann (1991) apresenta uma divisão dos movimentos oculares em tudo semelhante à anterior exceptuando o facto de não subdividir os movimentos de estabilização do olhar, denominando-os de movimentos de origem vestibular.

Seguidamente iremos proceder à descrição dos diferentes tipos de movimentos oculares e para esse efeito, teremos por base a classificação apresentada por Godaux e Cheron (1989), devido a tratar-se de uma abordagem centrada unicamente no estudo do movimento, pareceu-nos ser a mais adequada ao nosso trabalho, tendo em vista a sua especificidade e os aspectos nele abordados.

Movimentos Oculares Voluntários

Desde que o corpo, e em particular a cabeça, permaneça imóvel, o olhar pode dirigir-se para os diferentes objectos à nossa volta utilizando quatro tipos de movimentos oculares: os movimentos de manutenção do olhar, os movimentos sacádicos, os movimentos de perseguição e os movimentos de vergência.

Movimentos de manutenção da posição

Sempre que olhamos um determinado objecto é necessário que o olhar permaneça fixo sobre este, isso deve-se aos movimentos de manutenção da posição (Godaux & Cheron, 1989).

Podendo ser enquadrados dentro deste tipo de movimentos, embora caracterizando-os de natureza involuntária, Spielmann (1991) refere que durante a fixação, os olhos não estão imóveis, mas sim executando continuamente micromovimentos (microsacadas rápidas de centragem constante da fixação). São duas as funções atribuídas a estes micromovimentos. A primeira, é a de impedir a neutralização da imagem fixada, uma vez que, se estabilizarmos, através de sistemas ópticos complexos, as imagens que caem sobre a retina, elas deixam de ser percebidas. A segunda é a de corrigirem a instabilidade do sistema oculomotor e

os movimentos mínimos e constantes da cabeça, induzidos pela respiração ou pelos batimentos cardíacos. Todos estes movimentos estão, essencialmente, sob a influência do sistema vestibular, e o seu estudo é possível graças às técnicas de registo, electro-oculográficas.

Movimentos sacádicos

São movimentos oculares muito rápidos, destinados a colocar na fóvea a informação de um alvo visual, quer por este ter surgido na periferia retiniana, quer para pura e simplesmente podermos passar de um ponto de interesse para outro, uma vez que, a fóvea é a zona da retina com melhor acuidade visual, responsável portanto, pela visão de pormenor. Nestes movimentos os dois olhos movem-se paralelamente na mesma direcção, ou seja, são movimentos conjugados a que se dá o nome de versões. Podendo ser verticais, horizontais ou oblíquos (Godaux & Cheron, 1989; Spielmann, 1991).

Segundo Liversedge e Findlay (2000), as sacadas são necessárias devido ao decréscimo rápido do poder de resolução da retina quando nos afastamos da fóvea. O factor desencadeante é o estímulo visual, embora se efectuem sacadas na ausência de qualquer estímulo visual. O mecanismo desencadeante é a distância entre o ponto de projecção do alvo na retina e a fóvea (o chamado "erro retiniano de posição").

Por outro lado, o próprio estímulo originado pelo posicionamento do olho na órbita, devido ao posicionamento do eixo visual em relação ao eixo óptico, pode funcionar como um factor desencadeante da sacada (Garcia, Entrudo, Ferreira & Monteiro, 1996).

Segundo Garcia et al. (1996), nestes movimentos intervêm três tipos de células: fásicas, tónicas e de pausa, nas quais se originam as diferentes ordens pré-motoras, ou seja, de programação dos movimentos³.

Todas as estruturas cerebrais, bem como os núcleos de base e o cerebelo, desempenham um papel muito importante na organização e controlo das sacadas.

³ As diferentes ordens pré-motoras são: de arranque rápido do olho, de modo a vencer a inércia do conteúdo orbitário (**pulso**), realizadas pelos neurónios fásicos; de manutenção nessa nova posição (**step**), que partem das células tónicas; de inibição dos neurónios fásicos, de modo a impedir a realização de movimentos involuntários durante o repouso ocular (**pausa**).

Por isso, lesões que alterem o normal funcionamento dessas estruturas, podem originar perturbações, quer a nível da latência, quer a nível da velocidade ou grau de precisão destes movimentos oculares. Isto é posto em evidência num trabalho realizado por William, Fletcher, James e Sharpe (2005), onde se verificou que as alterações dos movimentos oculares estão relacionadas com o agravamento da doença de Alzheimer, devido à degeneração do lobo frontal, tendo sido considerado importante o estudo deste tipo de movimentos na quantificação da disfunção motora desta doença.

Os movimentos sacádicos de exploração são uma característica fundamental da visão. Estes movimentos estão mais dependentes da organização do sistema visual do que da organização do sistema oculomotor (Liversedge & Findlay, 2000). Os autores relatam um caso de um indivíduo com oftalmoplégia congénita que ilustra muito bem esta situação. Esse indivíduo não apresenta músculos oculomotores funcionais o que faz com que os seus olhos estejam fixos na cabeça. Surpreendentemente, a sua incapacidade visual é muito pequena e permite-lhe uma vida normal como estudante universitário. Exames mostraram que ele realiza movimentos de exploração com a cabeça e que esses movimentos têm propriedades muito semelhantes aos movimentos sacádicos de exploração, observados nos indivíduos normais.

Um dos parâmetros mais importantes das sacadas é a latência, que é definida pelo intervalo de tempo que medeia entre o aparecimento do estímulo e o início do movimento, podendo ser influenciada por diversos factores⁴.

As sacadas têm um tempo de latência de 200 milissegundos aproximadamente. A sua velocidade é variável, podendo atingir, segundo Godaux e Cheron (1989), os 700º por segundo consideram, contudo, que existe uma relação relativamente estável entre a amplitude da sacada e a sua velocidade máxima, que é alcançada entre o primeiro terço e a primeira metade do movimento. Por outro lado, Spielmann (1991), refere que as sacadas são movimentos muito rápidos com

⁴ Factores que afectam a latência da sacada: características do estímulo (tamanho, iluminação e contraste); natureza do estímulo (auditivo ou visual); amplitude do movimento ocular a realizar; previsibilidade do movimento do alvo; características do indivíduo (idade, atenção, motivação); grau de precisão do movimento, ou seja a mais ou menos correcta localização da imagem na fóvea. É também designada por ganho sacádico; *main-sequence*, definida pela relação entre a amplitude e a velocidade máxima das sacadas, sabendo-se que, quanto maior for a amplitude, maior é o pico da velocidade.

uma velocidade mínima de 100º por segundo, mas que podem atingir os 800º por segundo se o objecto estiver distante.

Num estudo realizado por Babu, Lillakas, Wareham, Sabharwal, Steinbach e Irving (2003), com o objectivo de determinar a variação do pico de velocidade (velocidade máxima) dos movimentos sacádicos em função da idade, concluíram que o pico de velocidade sofre alterações significativas ao longo da vida. Mais tarde, Irving, Steinbach, Lillakas, Babu e Hutchings (2006), concluíram que não só a velocidade máxima da sacada sofre alterações significativas com a idade, mas também o mesmo acontece com a latência e precisão da sacada.

Durante o movimento de fixação de um objecto para outro, existe um aumento do contorno de percepção a que chamamos inibição sacádica o que evita vermos o mundo em constante movimento (Spielmann, 1991).

Durante os movimentos de sacada, a visão encontra-se de tal forma difusa que durante cada sacada nós somos cegos. No entanto ninguém se apercebe que vemos o mundo de uma forma descontínua, isto deve-se ao facto de todas as imagens percebidas persistirem no nosso cérebro durante 1/10 de segundo, que é o tempo necessário para efectuar uma sacada (Godaux & Cheron, 1989).

Na mesma linha de pensamento, Cho e Lee (2003) referem que durante o tempo da sacada, a localização espacial de determinado alvo apresentado é incorrecta. Efectuaram experiências em condições de controlo e em condições experimentais que consistiram na descrição da posição percebida de um estímulo visual pelos sujeitos, apresentado imediatamente após um movimento ocular sacádico. Os autores do estudo verificaram que a incorrecta localização durante a condição experimental ou de sacada contém tantos “erros intrínsecos”, como efeitos relativos à própria sacada. Os efeitos sacádicos resultaram, em todas as experiências efectuadas, numa expansão da extensão do espaço visual percebido, sendo este aumento de aproximadamente 30%. Este padrão de incorrecta localização espacial sugere que a informação espacial processada durante o tempo da sacada reflecte uma alteração dinâmica no sistema visual.

No que diz respeito à programação específica das sacadas, tanto horizontais como verticais, Garcia et al. (1996) referem que esta é idêntica à de todos os movimentos oculares realizados nesses planos.

Nas sacadas horizontais, o núcleo do VI par craneano desempenha um papel fundamental, existindo motoneurónios directos que se projectam no músculo recto

externo homolateral e interneurónios que sobem pela fita longitudinal mediana, projectando-se no núcleo do nervo oculomotor contralateral nos motoneurónios do recto interno.

As sacadas verticais, por sua vez, são dominadas pelo núcleo intersticial rostral da fita longitudinal mediana, onde existem neurónios fásicos, que se dirigem para os núcleos do III par craneano homolateral e do IV par craneano (patético). Existem ainda outras estruturas neuronais na região mesencefálica que participam nos movimentos verticais, nomeadamente o núcleo intersticial de Cajal, cujo mecanismo é ainda pouco conhecido.

Movimentos de perseguição

São movimentos oculares lentos que procuram manter na fóvea a imagem de um alvo que se desloca sobre um fundo fixo. O sistema funciona melhor para pequenas velocidades e baixas frequências. Quando a velocidade do alvo aumenta, a perseguição é interrompida por sacadas correctoras que trazem o alvo para a fóvea.

Segundo Godaux e Cheron (1989), este é um sistema com uma estrutura geral em ciclo fechado com retroacção negativa. Supondo que o alvo se desloca com uma determinada velocidade angular, se o olho rodar a uma velocidade angular inferior resultará um deslocamento da imagem do alvo na retina, a que Garcia et al. (1996) dão o nome de "erro retiniano de velocidade". A velocidade do movimento da imagem na retina constitui, desta forma, o sinal de entrada do sistema de perseguição, sendo que o sinal de saída é a velocidade angular de rotação do olho. Neste sistema em ciclo fechado, a retina tem um papel de comparação, ela compara a velocidade do movimento do alvo com a velocidade de deslocação do olho.

Spielmann (1991), refere-se aos movimentos de perseguição, como sendo movimentos teleguiados, onde o olho segue um objecto que se desloca. A velocidade de deslocação do objecto sobre a fóvea é detectada, dando início ao movimento de perseguição correspondente. Os movimentos de perseguição têm a mesma velocidade que o alvo e não ultrapassam os 50º por segundo. O seu tempo de latência é de aproximadamente 125 milissegundos.

À semelhança das sacadas, existem outros estímulos, mesmo não visuais, capazes de gerar um movimento de perseguição. Assim, é possível realizar com os

olhos fechados um movimento de perseguição regular do nosso dedo que se desloca pendularmente diante dos olhos sendo que, neste caso, o estímulo do sistema é a propriocepção do movimento do dedo.

Este tipo de movimentos pode estar alterado em diversas patologias, sendo exemplo disso, a esquizofrenia. King, Mills, Mannion e Green (1999) realizaram um estudo em pacientes esquizofrênicos crônicos e indivíduos normais e saudáveis, tendo sido registadas diferenças significativas entre os dois grupos, nas três medições das disfunções dos movimentos de perseguição lenta (erro de posição, erro de velocidade e intrusões sacádicas). No entanto, não se verificou uma correlação significativa entre disfunções neste tipo de movimentos e a idade, duração da doença, sintomas negativos ou dose terapêutica. Em contrapartida, no estudo de Kuechenmeister, Linton, Mueller e White (1977), comparando indivíduos por idade, sexo e sintomas de doença psicótica, verificou-se que os pacientes com Parkinson e esquizofrenia apresentavam maiores alterações no movimento de seguimento do que os indivíduos normais e mais jovens. Verificou-se também que os homens efectuaram melhor o seguimento do que as mulheres.

Segundo Garcia et al. (1996), no sistema de perseguição do olhar distinguem-se as estruturas e vias que encaminham a informação visual da fóvea retiniana para os centros superiores, das que conduzem a informação desses centros para as estruturas que programam os movimentos oculares, conforme o plano em que se realizam. Na condução da informação visual intervêm as vias aferentes e eferentes.

Nas vias aferentes, as células ganglionares projectam-se a partir da retina para o núcleo geniculado externo e depois no córtex estriado occipital (área V1, V2 e V3), constituindo a via retino-geniculo-estriada. As projecções de V1, V2 e V3 atingem a área cortical, temporal média, que se projecta por sua vez na área adjacente, temporal média superior. Os neurónios da área temporal média superior projectam-se na sua homóloga do hemisfério contralateral através do corpo caloso. Apesar da lateralização cerebral da perseguição ocular ipsidireccional, cada hemisfério contribui para a perseguição ocular em ambas as direcções (horizontais). A área temporal média e a área temporal média superior têm projecções para o lóbulo parietal inferior (área 7 de Brodmann) e para as áreas oculares frontais.

Nas vias eferentes, os neurónios corticais projectam-se no cerebelo e tronco cerebral através de vias específicas. Os neurónios do lóbulo parietal inferior e temporal média superior projectam-se nos núcleos pânticos dorsolaterais (NPDL), os

quais, por sua vez, se projectam no *vérmis* e *flocculus cerebelosos* que enviam projecções para os núcleos vestibulares. A via completa-se com as projecções a partir dos núcleos vestibulares e do *núcleo prepositus hipoglosso* para os núcleos oculomotores e destes para a musculatura ocular extrínseca.

Sob o ponto de vista da fisiologia, as áreas corticais que participam na análise do movimento do alvo (temporal média, temporal média superior e lóbulo parietal inferior), enviam comandos de perseguição para os núcleos pônticos dorsolaterais e *flocculus*. Para o tronco são enviados comandos de velocidade, os quais são integrados em comandos de posição no núcleo vestibular mediano e *prepositus hipoglosso*. Por sua vez para os motoneurónios oculares são enviados comandos de velocidade e posição.

Os parâmetros habitualmente considerados no estudo do sistema de perseguição do olhar são: o ganho⁵, a presença de sacadas⁶ e a distorção harmónica⁷.

Movimentos de vergência

Contrariamente ao que acontece, nos três movimentos referidos anteriormente, em que os eixos dos dois olhos estão paralelos, nos movimentos de vergência os eixos dos dois olhos abandonam o seu paralelismo e cruzam-se ao nível do objecto fixado (Godaux & Cheron, 1989).

Segundo Von Noorden (1996), são movimentos dos dois olhos em direcções opostas sendo também conhecidos como movimentos disjuntivos, permitindo deste modo o alinhamento dos olhos de forma a garantir a manutenção da visão binocular.

O termo genérico vergência pretende englobar todos os movimentos disjuntivos dos olhos, tais como os fusionais, desencadeados por estimulações díspares, e os movimentos disjuntivos horizontais que se encontram mais relacionados com a acomodação e contracção pupilar.

⁵ Quociente entre a velocidade do olho e a velocidade do alvo. No sistema de perseguição, o ganho deve ser à volta de 1, dependendo da velocidade do alvo e da frequência do movimento sinusoidal utilizado por estímulo.

⁶ Interrompem a perseguição do alvo, em virtude do paciente não ser capaz de acompanhar o seu movimento, pelo que executa curtas sacadas de "recuperação".

⁷ Mostra a fidelidade com que o sistema de perseguição responde a um estímulo de determinada frequência.

Godaux e Cheron (1989), referem-se a estes movimentos, como sendo lentos e de pequena amplitude. Essa ideia é reforçada por Spielmann (1991), quando refere que os movimentos de vergência são os mais lentos, atingindo no máximo uma velocidade de 20º por segundo e o seu tempo de latência é de aproximadamente 160 milissegundos. No entanto, a mesma autora menciona ter observado movimentos de vergência rápidos com uma velocidade de 200 a 300º por segundo, correspondente a uma sacada longe perto.

Sistemas de Estabilização do Olhar

O olho está colocado sobre uma “plataforma móvel”, a cabeça. Para contrabalançar o efeito dos movimentos da cabeça que provocariam uma perda de nitidez da imagem na retina, existem dois sistemas de estabilização do olhar ligados aos movimentos da cabeça. Estes sistemas são: o reflexo vestibulo-oculomotor e a resposta optocinética (Godaux e Cheron, 1989).

Reflexo vestibulo-oculomotor

Os movimentos reflexos de origem vestibular, lentos, adaptam a posição dos olhos à posição do corpo (Spielmann, 1991).

Se a cabeça roda em determinado sentido, activa ou passivamente, automaticamente e de forma reflexa, os olhos dirigem-se em sentido oposto. Quando ocorrem movimentos de rotação da cabeça prolongados num determinado sentido, os movimentos oculares resultantes apresentam fases lentas, correspondentes à activação do reflexo vestibulo-oculomotor, alternando com fases rápidas que mantêm os olhos na direcção oposta à das fases lentas (Godaux e Cheron, 1989).

Garcia et al. (1996) define o reflexo vestibulo-oculomotor como um sistema biológico automático, cujo papel é conservar a estabilidade visual durante os movimentos da cabeça. É um instrumento fundamental do equilíbrio. Compreende um conjunto redundante de acelerómetros angulares e lineares, os quais dão origem a movimentos oculares de compensação, de modo a que qualquer movimento de rotação da cabeça (mais propriamente de aceleração angular da cabeça) origine um

movimento dos olhos no plano dos canais semicirculares⁸ estimulados, com a mesma velocidade, mas de sentido oposto. Também os movimentos lineares da cabeça desencadeiam movimentos oculares de compensação, embora menos intensos.

Os receptores vestibulares são constituídos por três pares de canais semicirculares (anterior, posterior e horizontal), utrículo e sáculo. Os canais semicirculares com as suas cristas ampolares são receptores angulares funcionando em conjunto, de modo a que à excitação de um lado corresponde a inibição do outro, embora a excitação seja sempre superior à inibição. O utrículo e sáculo com as suas máculas otolíticas são os receptores da aceleração linear, respectivamente no plano horizontal e vertical.

Existe uma relação definida entre cada par de canais⁹ e um determinado par de músculos oculomotores, o canal horizontal com o recto externo e o recto interno, o canal anterior com pequeno oblíquo e o recto superior e o canal posterior com o grande oblíquo e o recto inferior.

A aceleração angular da cabeça realizada no plano de um determinado par de canais provoca uma variação de pressão da endolinfa desses canais que vai estimular as células sensoriais das cristas ampolares. Essa estimulação (despolarização) da crista de um lado corresponde à inibição do outro (hiperpolarização). Em situações normais, ambos os labirintos contribuem para o RVO, sendo que a sua resposta total representa o efeito combinado do desvio ampulípeto dos cílios das células sensoriais de uma crista e o desvio ampulífugo dos cílios das células da crista do lado oposto. Ao nível dos canais semicirculares ocorre a transformação do sinal aceleração em sinal velocidade (resultante da desproporção entre o raio da secção do canal e o seu raio de curvatura), correspondendo a uma integração matemática sendo esta a primeira sofrida pela informação sensorial. Ao nível das células sensoriais verifica-se a transformação da energia mecânica em influxo nervoso (transdução).

⁸ Os canais semicirculares são tubos preenchidos por endolinfa, sensivelmente perpendiculares entre si, e cada um deles, paralelo a um canal do lado oposto, como se se tratasse da sua imagem num espelho.

⁹ Cada par de canais está alinhado com o plano em que actuam os respectivos músculos oculomotores. Nos canais semicirculares ocorre a transformação do sinal aceleração em sinal velocidade (resultante da desproporção entre o raio da secção do canal e o seu raio de curvatura), o que corresponde a uma integração matemática, a primeira sofrida pela informação sensorial.

A organização do utrículo e sáculo apresenta semelhanças com a dos canais semicirculares, embora exista uma disposição particular das células sensoriais. Enquanto os cílios dos canais semicirculares se deslocam todos no mesmo sentido, consoante se trata de estimulação ou inibição e são sensíveis apenas aos movimentos que se processam no plano do canal, os cílios dos otolitos deslocam-se em sentidos opostos e são sensíveis a múltiplas direcções.

De um modo global, o reflexo vestibulo-oculomotor processa-se por uma via directa constituída por três neurónios. O primeiro, cujos corpos celulares se localizam no gânglio de Scarpa e se estende das células sensoriais dos órgãos vestibulares periféricos até aos núcleos vestibulares, o segundo, cujos neurónios se encontram nos núcleos vestibulares e se projectam nos núcleos dos nervos oculomotores, e o terceiro neurónio que partindo destes termina na musculatura ocular extrínseca. O reflexo vestibulo-oculomotor actua em circuito aberto, o que significa que não existem mecanismos de *feedback* que informem os receptores vestibulares dos movimentos de compensação ocular, sendo este o mecanismo que garante os movimentos oculares de compensação aos movimentos da cabeça de frequência elevada pois tem uma latência muito curta (<16 milissegundos). Além desta via principal, existem vias indirectas que conectam os núcleos vestibulares com múltiplas estruturas do tronco cerebral, cerebelo, medula e tálamo.

No controlo do reflexo vestibulo-oculomotor, o cerebelo desempenha um papel fundamental, nomeadamente através de certas zonas, a que se atribui a designação genérica de vestibulo-cerebelo. As suas lesões podem originar aumento da reflectividade vestibular, inibição da supressão pela fixação ocular e aparecimento de nistagmo (que pode ser de tipo periférico, mas também vertical, pendular e alternante).

A via directa e indirecta do reflexo vestibulo-oculomotor têm diferentes funções: a directa processa o sinal de velocidade, originado nos canais semicirculares, enquanto as vias indirectas transmitem o sinal de posição, resultante da integração matemática realizada nos núcleos vestibulares, a partir do sinal de velocidade.

As projecções do reflexo vestibulo-oculomotor no córtex cerebral são responsáveis pela consciência que temos do movimento, mesmo na obscuridade.

Os movimentos horizontais estão bem desenvolvidos à nascença e os verticais um pouco mais tarde. Têm um tempo de latência muito breve. Podem atingir 300º por segundo aproximadamente (Spielmann, 1991).

Reflexo optocinético (nistagmo optocinético)

O papel funcional do reflexo optocinético não é evidente à primeira vista. Raras são as circunstâncias onde toda a paisagem se desloca enquanto a nossa cabeça permanece imóvel. No entanto, quando perante uma paisagem imóvel viramos a cabeça e conseqüentemente viramos os olhos para o lado esquerdo, a retina percebe um movimento da paisagem para o lado direito. Este estímulo desencadeia um reflexo optocinético, que tende a manter o olhar para o lado direito, ou seja, vai também estabilizar a direcção do olhar independentemente do movimento da cabeça (Godaux e Cheron, 1989).

De acordo com Garcia et al. (1996), o nistagmo optocinético é um movimento ocular reflexo desencadeado pela deslocação do campo visual mantendo-se fixa a cabeça. O seu estímulo é o movimento do alvo sobre um fundo fixo. Este reflexo actua em circuito fechado.

No quotidiano as condições são diferentes das existentes em laboratório e, assim, o nistagmo optocinético é com mais frequência desencadeado pelo movimento do indivíduo em relação à paisagem estática circundante, do que pelo deslocamento do campo visual. Em condições reais, o nistagmo optocinético é normalmente acompanhado pelo reflexo vestibulo-oculomotor, desencadeado pela aceleração da cabeça. Este é mais eficaz na compensação das oscilações rápidas da cabeça, enquanto o nistagmo optocinético actua na compensação dos movimentos da cabeça realizados a velocidade constante.

Distinguem-se dois tipos de nistagmo optocinético, sendo estes, o nistagmo optocinético arcaico, com origem na retina periférica, que utiliza uma via subcortical, também designado “stare nystagmus” e o nistagmo optocinético de aparecimento filogenético mais recente, tendo a sua origem na fóvea e que utiliza uma via cortical, também designado “look nystagmus”.

Anatomicamente estão descritas duas vias neurológicas que controlam o nistagmo optocinético:

- **Via subcortical**¹⁰ – É para onde os sinais visuais são encaminhados a partir da retina através da via óptica. Em vez de seguirem para o lobo occipital, dirigem-se para baixo, pelo tronco cerebral, e terminam no sistema óptico acessório.
- **Via cortical**¹¹ – Está relacionada com movimentos oculares de perseguição.

Os mesmos autores defendem que, ao analisarmos o nistagmo optocinético deve-se ter em conta os seus diferentes parâmetros tais como a **velocidade média da fase lenta**, estabelecida a partir de todas as batidas que não tenham sido rejeitadas como artefactos, sendo que a velocidade média da fase lenta do nistagmo optocinético é sensivelmente igual à velocidade do estímulo, até uma velocidade entre os 30 e os 50º por segundo a partir da qual a velocidade média da fase lenta diminui, e a partir de 120º por segundo, a resposta cai francamente; a **frequência**, que aumenta com a velocidade de rotação dos testes sem proporcionalidade directa e dependendo também de um “padrão” individual; a **amplitude**, que varia entre os 3 e os 10º; a **intensidade**, produto da frequência e da amplitude e a **simetria**, sendo que os nistagmos optocinéticos horizontais (direitos e esquerdos) são simétricos (a amplitude é um pouco mais elevada para o nistagmo optocinético que bate para o hemisfério dominante) e os nistagmos optocinéticos verticais, normalmente, são ligeiramente assimétricos com prejuízo do sentido vertical ascendente.

¹⁰ Esta **via subcortical** recebe também aferências do córtex visual. Os sinais visuais de movimento passam então para os núcleos vestibulares, encaminhados para as mesmas células que recebem aferências dos canais semicirculares. A partir dos núcleos vestibulares, a informação ascende até aos núcleos oculomotores. Os comandos pré-motor e motor do nistagmo optocinético, consoante se fazem no plano horizontal e vertical são idênticos aos dos restantes movimentos oculares.

¹¹ A **via cortical** recebe as aferências da retina através da via geniculoespiada. Do córtex visual primário os sinais são enviados para o córtex temporal médio e superior e para o córtex parietal posterior, esta última área também associada com os mecanismos de atenção visual. Finalmente os sinais vão atingir os núcleos vestibulares e os oculomotores.

Interacções entre os Diferentes Tipos de Movimentos Oculares

Como facilmente podemos depreender, todos os diferentes tipos de movimentos oculares não acontecem isoladamente, existindo, naturalmente, diversos tipos de interacções entre os diferentes tipos de movimentos. São essas as interacções que iremos de seguida descrever.

Interacção reflexo vestibulo-oculomotor – reflexo optocinético

Presume-se que o reflexo vestibulo-oculomotor seja provocado por uma rotação sinusoidal de um indivíduo, perante uma paisagem fixa iluminada. Quando a cabeça se volta para a esquerda, verifica-se a acção do reflexo vestibulo-oculomotor e os olhos dirigem-se para a direita; devido ao movimento da cabeça, deslocam-se para a esquerda, e vendo a paisagem deslocar-se para a direita é dada a resposta optocinética (reflexo optocinético), dirigindo-se para a direita. Nestes casos, os efeitos do reflexo vestibulo-oculomotor e do reflexo optocinético adicionam-se.

Supondo que um indivíduo e a paisagem iluminada são submetidos conjuntamente a uma rotação sinusoidal, a paisagem permanece fixa em relação à cabeça. Quando a cabeça roda para a esquerda, os olhos tendem a dirigir-se para a direita (reflexo vestibulo-oculomotor). Este movimento dos olhos para a direita é percebido ao nível das retinas como um movimento relativo da paisagem para a esquerda. A resposta optocinética resultante consiste num desvio dos olhos para a esquerda. Os efeitos vestibulares e optocinéticos neutralizam-se, ficando os olhos imóveis, o que é um resultado interessante do ponto de vista funcional (Godaux e Cheron, 1989).

Interacção reflexo vestibulo-oculomotor – perseguição voluntária

Por razões semelhantes às explicadas anteriormente, o reflexo vestibulo-oculomotor e o movimento de perseguição voluntário podem ser somados ou anulados. Para se estudar esta interacção pode ser utilizada uma mesa que oscile sinusoidalmente, mantendo-se o ambiente na obscuridade, onde é isolado um pequeno alvo iluminado que o indivíduo deve fixar. Movendo a cabeça com o alvo fixo, o reflexo vestibulo-oculomotor é reforçado. Girando o alvo ao mesmo tempo

que o indivíduo, o reflexo vestibulo-oculomotor é suprimido (Godaux e Cheron, 1989).

Com o avançar da idade a interacção dos sistemas visual e vestibular, com influência nos movimentos oculares, sofre alterações. Isso é posto em evidência num estudo realizado por Paige (1994), onde se registaram os movimentos oculares utilizando-se dois tipos de estímulos, de forma a desencadear respostas de perseguição lenta e optocinética. O autor concluiu que o reflexo vestibulo-oculomotor, a perseguição visual e as interacções entre ambos, apresentam alterações específicas nas propriedades das respostas, devido ao envelhecimento natural.

Interacção reflexo optocinético – perseguição voluntária

Como já podemos verificar o reflexo optocinético e a perseguição voluntária podem actuar em sinergia, no entanto, estes dois sistemas podem também opor-se. Supondo que um indivíduo se mantém imóvel face a um pequeno alvo a que é levado a fixar, e cercado por uma paisagem animada em movimento de rotação para o lado esquerdo, vai ocorrer um movimento dos olhos para o lado esquerdo. Mas o mínimo movimento dos olhos para o lado esquerdo vai desencadear um movimento de perseguição do alvo para o lado direito. No final, os olhos acabam por não se mexer.

De qualquer forma, a prioridade absoluta do movimento de perseguição voluntário sobre o reflexo optocinético é confirmada pela própria existência de uma perseguição, quando o alvo está em movimento relativamente a uma paisagem fixa iluminada. O movimento do alvo conduz, neste caso, a uma perseguição visual. Mas este movimento dos olhos leva, ao nível da retina, à percepção de um deslocamento da paisagem com direcção contrária à do alvo. Assim, o movimento de perseguição voluntária, quando em competição com os efeitos do reflexo optocinético, determina por si só, o movimento dos olhos.

Análise dos Movimentos Oculares

O objectivo da medição e análise dos movimentos oculares passa pela compreensão do funcionamento da atenção visual¹² do indivíduo. Os movimentos oculares reflectem um grande número de processos fisiológicos subjacentes a várias tarefas cognitivas (Liversedge & Findlay, 2000). Esses processos podem estar alterados devido a vários factores, quer sejam de ordem patológica ou natural, deste modo, a análise dos movimentos oculares pode dar um contributo importante para a compreensão desses fenómenos. O estudo realizado por Kaneko, Kuba, Sakata e Kuchinomachi (2004) é exemplificativo disso, onde os autores, através do estudo dos movimentos oculares, concluíram que os efeitos subjacentes ao envelhecimento influenciam os parâmetros das sacadas, mas não afectam as propriedades relativas a alterações da atenção imediatamente antes da sacada. Estas conclusões, poderão estar na base da explicação dos resultados obtidos por Fukuda e Bubb em 2003, quando compararam as diferenças entre utilizadores jovens e idosos, com o objectivo de clarificar as dificuldades do uso da *web* nestes dois tipos de utilizadores. Os resultados mostraram, por um lado dificuldades comuns em ambos os utilizadores causadas por inconvenientes na estrutura convencional e no desenho inapropriado da página; por outro lado, foi confirmada a existência de importantes diferenças entre os dois grupos, sendo os idosos os que se deparam com maiores dificuldades na navegação na *web*.

Intuitivamente é possível saber para onde o observador dirige a sua atenção visual no meio que o rodeia. No entanto, não é possível concluir quantitativamente acerca dos movimentos oculares sem uma análise detalhada, sendo necessário, um método que identifique a fixação, uma vez que o estudo dos movimentos oculares parece ser um dos mais indicados na análise da atenção visual.

Os movimentos de fixação e de perseguição podem ser controlados por um simples sistema de feedback neuronal. Relativamente aos movimentos de fixação, o sistema de controlo neuronal é responsável por minimizar os erros de fixação. Nos movimentos de perseguição, o erro é identicamente medido, mas neste caso o ponto de fixação não é estático. Qualquer destes movimentos pode ser detectado por um modelo linear simples baseado no efeito da somação linear. A aproximação linear ao modelo dos movimentos oculares é uma simplificação operacional do processo

¹² O conceito de Atenção Visual é desenvolvido mais à frente na p. 44.

natural não linear subjacente (Carpenter cit. in Duchowski, 2002). O modelo linear assume que a velocidade e a posição são ambas processadas pelo mesmo mecanismo neuronal, mas de diferentes formas. A posição do alvo é processada pela activação de receptores retinianos específicos, enquanto que a velocidade do alvo é registada pela razão da descarga da actividade desses mesmos receptores.

O objectivo da análise dos movimentos oculares é caracterizar o sinal, tendo em conta o tipo de movimento ocular, isto é, movimentos sacádicos e de fixação (e possivelmente de perseguição). Tipicamente o objectivo da análise é localizar regiões onde o sinal muda bruscamente de posição, indicando o fim da fixação e o início da sacada. Posteriormente o sinal assume uma posição estacionária, indicando o início de uma nova fixação.

Medição dos Movimentos Oculares

De uma maneira geral, há dois tipos de técnicas que monitorizam os movimentos oculares: as que medem a posição do olho relativamente à cabeça e as que medem a orientação do olho no espaço ou o ponto de fixação (Young & Sheena, cit. in Duchowski, 2002).

As que medem o ponto de fixação são tipicamente usadas quando o interesse é a identificação de elementos na área de observação, por exemplo, em aplicações interactivas. Possivelmente o dispositivo mais utilizado na medição do ponto de fixação é o pesquisador visual (*eye tracker*) vídeo baseado no reflexo corneano (Duchowski, 2002).

O mesmo autor refere que existem quatro grandes categorias de métodos de medição dos movimentos oculares:

- Electro-oculograma/Electro-oculografia (EOG).
- Lentes de contacto esclerais *search coil*.
- Foto-oculografia (FOG) ou vídeo-oculografia (VOG).

- Sistema de vídeo que combina o centro da pupila com o reflexo corneano.

Electro-oculograma/Electro-oculografia

O EOG é o mais usado dos métodos de registo dos movimentos oculares há mais de 40 anos. Mede a diferença de potencial eléctrico da pele, com a colocação de eléctrodos em volta do olho. O registo dos potenciais varia entre 15-200 μ v de sensibilidade na ordem dos 20 μ v por grau de movimento ocular. Esta técnica mede o movimento do olho relativamente à posição da cabeça, não sendo geralmente satisfatória na medição do ponto de fixação, a menos que a posição da cabeça seja também medida (e.g., usando um *head tracker*).

Lentes de contacto esclerais “search coil”

Os mesmos autores consideram que este método é dos mais precisos de medição dos movimentos oculares. Envolve a colocação de um objecto mecânico ou óptico montado numa lente de contacto, que é então colocada directamente sobre o olho. A lente de contacto tem de ser necessariamente grande, cobrindo toda a córnea e parte da esclera (a lente está sujeita a descair se cobrir somente a córnea). Existem vários dispositivos mecânicos ou ópticos que se prendem à lente. O principal método utiliza um rolo de arame que ao mover-se é medido por um campo electromagnético. Este método é também útil na medição da posição do olho relativamente à cabeça. Embora o uso de *search coil* seja o método de medição dos movimentos oculares mais preciso, é um método invasivo que pode causar algum desconforto ao indivíduo que é observado. A colocação da lente de contacto requer cuidado e prática.

Foto-oculografia ou vídeo-oculografia

Esta categoria abrange uma grande variedade de técnicas de gravação dos movimentos oculares, incluindo o registo de outras variantes oculares como o tamanho da pupila, a posição do limbo e os reflexos corneanos induzidos por uma fonte de luz directa, normalmente infravermelha. O registo destas variantes por parte

destes dispositivos pode ou não ser realizado automaticamente. Estas técnicas não efectuam a medição do ponto de fixação.

Träisk, Bolzani e Ygge (2005) compararam as técnicas de *search coil* escleral magnética e os métodos de reflexão infravermelha na análise dos movimentos sacádicos do olho. Os resultados revelaram que o sistema de infravermelho atinge um pico de velocidade mais elevado e geralmente regista uma maior variabilidade inter-individual. A explicação pode estar nos artefactos associados a este sistema, que provocam cálculos exagerados da velocidade da sacada e contribuem para uma elevada variabilidade dos registos.

Sistema de vídeo que combina o centro da pupila com o reflexo corneano

Embora as técnicas anteriormente referidas sejam geralmente satisfatórias na medição dos movimentos oculares, não têm em conta o ponto de fixação. Nesta técnica, tendo em consideração este facto, a cabeça deve ser fixada para que a posição do olho relativamente à cabeça coincida com o ponto de fixação, ou então, devem ser registados outros parâmetros oculares de forma a distinguir os movimentos da cabeça dos movimentos dos olhos (e.g., reflexo corneano e centro da pupila).

Os pesquisadores visuais (*eye trackers*) vídeo utilizam máquinas fotográficas relativamente baratas e *hardwares* de processamento de imagens para registar o ponto de fixação em tempo real. Os programas informáticos destes dispositivos têm evoluído muito nos últimos anos. Exemplo disso é o trabalho realizado por Rufa, Mariottini, Prattichizzo, Alessandrini, Vicino e Federico (2005), onde se desenvolveu um programa independente, flexível e facilmente programável, que permitiu preencher um conjunto de lacunas na utilização de estímulos visuais no estudo dos movimentos oculares, nomeadamente na obtenção de medições mais fiáveis nos movimentos sacádicos.

Este dispositivo permite a interacção do indivíduo com o computador, apenas através de do olhar, simulando um dispositivo que aponta tal como o rato electromagnético. A comparação entre a performance do dispositivo de pesquisa visual (*eye tracking*) e do rato foi realizada por Sibert e Jacob (2000), onde sob as mesmas condições experimentais, concluíram que a selecção dos objectos é mais rápida quando se utiliza o pesquisador visual (*eye tracker*) em vez do rato. No

entanto este tipo de tecnologia ainda está, praticamente, limitada a ambientes laboratoriais, não só devido ao seu alto custo mas também por necessitar de todo um sistema de controlo bastante volumoso (Farid & Murtagh, 2003).

Outro tipo de possibilidade de utilização desta técnica, é a que se realiza em numerosos hospitais para analisar movimentos sacádicos do olho e corrigir defeitos oculares.

Farid e Murtagh (2003) consideram que o sistema de pesquisa visual (*eye tracking*) tem potenciais aplicações na sala de cirurgia, no planeamento, execução e monitorização da mesma. Os mesmos autores verificaram que o pesquisador visual (*eye tracker*) pode ser útil nos indivíduos deficientes motores para exprimirem as suas necessidades, de forma a potencializar e rentabilizar as suas capacidades. Outra forma de melhorar as capacidades dos indivíduos e o seu processamento cognitivo pode passar pelo aumento da sua atenção visual. Num trabalho realizado nesta área, Bavelier et al. (2000) compararam os indivíduos com audição normal e surdos congénitos, com a monitorização do movimento do estímulo tanto na periferia como no centro do campo visual. Os resultados indicaram um aumento da atenção visual no campo visual periférico nos indivíduos surdos. Através da imagem de ressonância magnética funcional demonstraram que a conectividade efectiva entre a área temporal média e média superior e o córtex parietal posterior foi maior nos indivíduos surdos comparativamente com os normais na periferia, mas não na atenção central. O aumento da atenção periférica, no movimento do estímulo, nos indivíduos surdos pode ser mediada por alterações da conectividade entre a área temporal média e média superior e o córtex parietal, um dos centros primários de representação espacial e da atenção.

VISÃO BINOCULAR

Na realidade, os dois olhos não formam mais que um só órgão pois em condições normais encontram-se perfeitamente coordenados e apesar dos movimentos oculares desempenharem um papel importante no estabelecimento da visão binocular, outros factores terão de ser tidos em conta para que esta se desenvolva correctamente.

Lyle e Wybar (1967) definiram visão binocular como a visão que se atinge pelo uso coordenado dos dois olhos de modo a que as imagens que chegam a cada olho separadamente, sejam percebidas como uma única na área visual do córtex cerebral. A posse desta faculdade não é considerada simples, uma vez que ela não é inata mas sim adquirida gradualmente nos primeiros anos e vida. O desenvolvimento da visão binocular está dependente em primeiro lugar, de um valor de acuidade visual adequado em cada olho, o que obriga a uma razoável integridade da mácula e da fóvea, assim como dos meios transparentes e também um certo grau de compatibilidade no que diz respeito à refração, de modo a que a diferença de tamanho entre as imagens de cada olho não seja demasiado elevada, o que poderia comprometer a sua fusão.

Segundo Hugonnier e Hugonnier (1981), foi Worth que introduziu o conceito de dividir a visão binocular em três graus:

- Primeiro grau: **percepção simultânea** – Cada olho visualiza uma imagem totalmente diferente da do outro, por exemplo leão e jaula ou carro e garagem. Se o indivíduo visualizar as duas imagens sobrepostas, por exemplo o carro dentro da garagem, quer dizer que possui percepção simultânea.
- Segundo grau: **fusão** – Cada olho visualiza uma imagem semelhante à do outro apenas com pequenas diferenças, por exemplo um burro com cauda em frente de um olho e em frente do outro, um burro sem cauda mas com uma cenoura à frente. Se existir fusão o indivíduo deverá visualizar o burro com cauda e com uma cenoura em frente. No entanto só poderemos falar de fusão, se existir alguma amplitude de pelo menos 4 a 5 dioptrias prismáticas.
- Terceiro grau: **estereopsia** – As imagens são idênticas mas um pouco descentradas, o que em visão binocular normal produz uma sensação de relevo. Por exemplo um grande círculo que contem um círculo pequeno que não é exactamente concêntrico é percebido como um banco ou um vaso. Este terceiro grau é frequentemente considerado como um simples aperfeiçoamento do segundo.

Lang (1981) refere que a fusão é formada por uma componente sensorial e uma componente motora. Existem, no entanto, algumas condições para que a fusão sensorial possa ocorrer. As imagens devem estar correctamente localizadas na retina e devem ser razoavelmente idênticas, uma vez que a fusão de objectos não semelhantes é impossível (Hurt, Rasicovici & Windsor, 1977).

Mais tarde e dentro da mesma linha de pensamento Simon et al. (2002) definem fusão como sendo a junção a nível cortical de *objectos visuais* em uma única percepção, isto é possível devido à estimulação simultânea de áreas retinianas correspondentes. Para que as imagens retinianas possam ser fusionadas, devem ser semelhantes em tamanho e forma. A amplitude de fusão está dependente de diferentes factores, entre os quais a acuidade visual. Ao melhorarmos a acuidade visual estamos a contribuir para o aumento da amplitude de fusão e o inverso também é verdade, isto é uma acuidade visual baixa contribui para uma menor amplitude de fusão.

Quando nos referimos a amplitude de fusão, estamos-nos a referir, basicamente, à medição das vergências (convergência e divergência) com prismas, ou seja em dioptrias prismáticas. Os valores de normalidade encontrados na literatura apresentam alguma variação, no entanto, como podemos observar, essa variação normalmente não é muito significativa.

As amplitudes de fusão normais, medidas em dioptrias prismáticas, por nós encontradas, foram:

- Para a **convergência ao longe** (6 metros) 18^{Δ} (Hurt, Rasicovici & Windsor, 1977), 8^{Δ} a 10^{Δ} (Besnard, 1978), 20^{Δ} a 25^{Δ} (Hugonnier & Hugonnier, 1981), 20^{Δ} (Santiago et al., 1999) e 14^{Δ} (Simon et al., 2002).
- Para a **divergência ao longe** 2^{Δ} a 4^{Δ} (Besnard, 1978), 7^{Δ} a 8^{Δ} (Hugonnier & Hugonnier, 1981) e 6^{Δ} (Simon et al., 2002).
- Para a **convergência ao perto** (30 centímetros) 30^{Δ} (Hurt, Rasicovici & Windsor, 1977), 30^{Δ} a 40^{Δ} (Besnard, 1978), 35^{Δ} a 40^{Δ} (Hugonnier & Hugonnier, 1981), 30^{Δ} a 35^{Δ} (Santiago et al., 1999) e 38^{Δ} (Simon et al., 2002).

- Para a **divergência ao perto** 6^Δ a 8^Δ (Besnard, 1978), 10^Δ a 15^Δ (Hugonnier & Hugonnier, 1981), 8^Δ (Pratt-Johnson & Tillson, 1994) e 16^Δ (Simon et al., 2002).

Convém no entanto, salientar que todos estes valores de normalidade, como podemos facilmente concluir pela sua grande diversidade, não devem ser tidos como absolutos, mas sim como valores aproximados. Aliás, Hugonnier e Hugonnier (1981) referem isso mesmo, a propósito dos valores de normalidade por eles defendidos.

A convergência é um movimento, em direcção do nariz, de ambos os olhos relativamente a uma determinada posição (Simon et al., 2002). Esta função permite que os olhos dirijam os eixos visuais sobre o objecto fixado de modo a que a imagem se forme em ambas as fóveas. Para ajustar a visão binocular às diferentes distâncias, deverá existir uma sinergia entre os mecanismos de acomodação e convergência (Jeanrot & Jeanrot, 1996). Esta estreita relação entre a acomodação e a convergência foi descoberta por Donders (Von Noorden, 1996).

A convergência não resulta de um só factor, mas sim de múltiplos mecanismos conjugados. Deste modo Lang (1981) classificou a convergência de acordo com o mecanismo mais actuante:

- A **convergência voluntária** é consciente e dependente da vontade do indivíduo, por exemplo quando este olha para a ponta do seu nariz.
- A **convergência proximal** é desencadeada indirectamente por processo psíquico aquando da aproximação de um objecto.
- A **convergência fusional** é um movimento involuntário destinado a ver como único um objecto que se aproxima.
- A **convergência tónica** é o tónus de base da convergência. É muito acentuada na criança e diminui progressivamente com a idade.

- A **convergência acomodativa** é convergência que está associada ao esforço de acomodação.

Como referimos anteriormente, Worth's classificou o terceiro grau da visão binocular como sendo a estereopsia. No entanto, Hurt, Rasicovici & Windsor (1977) defendem que isso não está totalmente correcto, uma vez que a estereopsia é uma qualidade isolada no sistema visual.

Esta posição não encontra eco nos outros autores. Lang (1981) refere que a visão estereoscópica ou visão de relevo representa o grau mais fino da visão binocular. Para Pratt-Johnson & Tillson (1994) a visão binocular normal é caracterizada por uma excelente estereopsia de pelo menos 60 segundos com o teste de Titmus. Na mesma linha de pensamento, Jeanrot & Jeanrot (1996) defendem que a visão binocular normal leva à existência de um determinado grau de visão estereoscópica.

A fusão sensorial e a estereopsia são os dois processos fisiológicos responsáveis pela visão binocular (Vaughan, Asbury & Riordan-Eva, 1995).

Segundo Artigas et al (1995), a estereopsia é a percepção visual binocular do espaço tridimensional baseado na disparidade binocular. Graças a esta capacidade do sistema visual podemos comprovar que a terceira dimensão existe.

Vários estudos têm demonstrado a importância da visão binocular nos diferentes aspectos que compõem o nosso quotidiano. Exemplo disso, é o estudo realizado por Maples (2003), onde é referido que a binocularidade é um factor com impacto no sucesso académico, sendo mesmo, mais determinante do que a raça ou o nível socio-económico.

Ponto Próximo de Convergência

A convergência pode normalmente ser mantida até o objecto, que está a ser fixado, estar próximo do nariz. Pode ser atribuído um valor numérico, medindo a distância (em centímetros) entre o nariz e o objecto quando este se encontra no ponto em que a convergência é "rompida" (quando o olho não dominante desliza lateralmente devido à quebra da fusão). A este ponto dá-se o nome de ponto

próximo de convergência e um valor à volta dos 5cm é considerado normal (Vaughan, Asbury & Riordan-Eva, 1995).

Para Hurt, Rasicovici e Windsor (1977) o ponto próximo de convergência (PPC) é o ponto mais próximo, dos olhos, em que é possível manter a convergência. Valores à volta de 70 mm consideram-se normais para o PPC.

Por outro lado, Jeanrot e Jeanrot (1996) definem PPC como sendo o ponto mais próximo no qual aparece diplopia. Considerando a convergência como boa com um PPC de 6cm, moderada com um PPC de 10cm e má com um PPC de 15cm.

Como podemos observar por estes três exemplos, não existe uma concordância, entre os diferentes autores, relativamente ao valor considerado normal para o PPC. Deste modo, elaborámos um apanhado dos diferentes valores por nós encontrados, ordenando-os por ordem cronológica.

Lyle e Wybar (1967) referem valores normais de PPC, em adultos jovens, de 6 a 10cm.

Mais tarde Hugonnier e Hugonnier (1981) consideram como normais, valores de PPC de 5 ou 6cm. E Lang (1981) apenas refere o valor de 6cm como valor habitual.

Valores entre 8 e 10cm com uma recuperação entre os 10 e os 15cm, são os valores considerados normais para Mallet (1993). Valores idênticos de PPC também são descritos, em 1994, por Pratt-Johnson e Tillson.

Alguns anos mais tarde, Santiago et al. (1999) defendem como valores normais, um intervalo maior, variando este entre os 5 a 10cm tendo como referência a base do nariz. Steinman, Steinman e Garzia (2000) atribuem o valor de 8cm como valor máximo.

Simon et al. (2002) retomam o intervalo de 8 a 10cm como valores mínimos.

Um PPC de 7cm foi o valor considerado normal para Castela (2006).

O que à primeira vista pode ser considerado como uma grande variabilidade, relativamente aos valores considerados normais para o PPC, poderá não o ser uma vez que todos os valores por nós encontrados se situam entre os 5cm como valor mínimo e os 10cm como valor máximo.

O PPC diminui mais ou menos 2cm da quinta para sexta década de vida ou seja passa de 8 para 10cm. Isto prende-se com o facto da capacidade de

acomodação diminuir ao longo da vida, o que faz aumentar a prevalência da insuficiência de convergência com a idade (Steinman, Steinman & Garzia, 2000).

Para Scheiman e Wick (1994) um PPC maior que 10cm é considerado o parâmetro mais consistente na insuficiência de convergência.

Insuficiência de Convergência

A convergência, como vimos anteriormente, é um movimento binocular de vergência que provoca o aumento do ângulo formado pelos eixos visuais normalmente através da adução simultânea de ambos os olhos (Santiago et al., 1999).

A insuficiência de convergência pode ser definida como a condição em que o movimento paralelo dos olhos é normal mas os movimentos conjugados, de contracção simultânea dos músculos rectos internos (convergência), estão limitados. Mesmo que o PPC esteja dentro dos limites normais, pode não ser possível manter uma convergência adequada sem um esforço considerável, o que, por si só constitui um certo grau de insuficiência de convergência (Lyle & Wybar, 1967).

Hugonnier e Hugonnier (1981) consideram que quando a insuficiência de convergência é pura, caracteriza-se por uma alteração da função de convergência sem alteração na posição de repouso. Não só a incapacidade de fazer convergir normalmente os olhos deverá ser tida em conta no diagnóstico da insuficiência de convergência, mas também a capacidade de manter uma convergência durante o tempo que for necessário, deverá ser analisada (Lang, 1981).

Jeanrot e Jeanrot (1996) referem a diminuição da amplitude de fusão, motora e sensorial, em convergência para perto e para longe como sendo outros parâmetros essenciais para a caracterização da insuficiência de convergência. Nestes casos, a amplitude de fusão está limitada em convergência. Essa amplitude, quando medida no espaço, pode ser inferior a 10 dioptrias prismáticas para longe e também para perto.

Ainda outros parâmetros, são-nos introduzidos por Scheiman e Wick (1994) para a definição de insuficiência de convergência. Definindo-a, como sendo a condição em que existe uma exoforia para perto, ortoforia ou uma pequena exoforia para longe, um PPC aumentado, uma reduzida capacidade de fusão em

convergência e uma relação AC/A reduzida. Dos vários problemas da visão binocular não estrábicos, a insuficiência de convergência é o mais comum e o que tem recebido maior atenção.

Os mesmos autores, referem que a incidência da insuficiência de convergência tem sido referida como sendo de 3% a 5% da população. Para Scheiman et al. (2002, 2005) essa incidência varia entre os 2,25% e os 8,30%, em crianças e adultos nos Estados Unidos. Numa síntese, elaborada por Cooper e Duckman em 1978, sobre os valores de prevalência da insuficiência de convergência, é referido que vários autores apresentam valores de incidência bastante diferentes que vão desde 1,75% referidos por Norn a 25% encontrados por Kratka numa amostra de 500 pacientes, passando por valores de 1% em crianças e 15% em adultos mencionados por Duke-Elder, 2,8% por White e Bronw, 2,5% por Maun, 3,1% a 4,9% por Kent e Steeve e 11% em pacientes com 40 ou mais anos de idade referido por Mahto. Esta tão grande disparidade de valores é justificada por Cooper e Duckman (1978) e Cooper (1998), devido às diferentes definições e critérios utilizados nesses estudos.

Num estudo realizado a 1014 crianças em idade escolar (entre 6 e 12 anos), Jiménez, Lázaro, García e Pérez (2003) referem que a 21 (2,07%) dessas crianças foi diagnosticado insuficiência de convergência. Estes últimos, defendem ainda a necessidade de se elaborar e utilizar um único critério normalizado para o diagnóstico da insuficiência de convergência.

Latvala et al. (1994) referem ter encontrado uma prevalência bastante elevada (entre 38% a 36%) da insuficiência de convergência em crianças disléxicas com 12 e 13 anos de idade. Outro estudo aponta também para uma alta incidência da insuficiência de convergência (17,6%), em crianças entre os 8 e os 12 anos de idade com necessidade de correção refractiva. Foram também critérios de selecção deste estudo, possuírem uma boa acuidade visual (20/30 ou melhor nos dois olhos) e não apresentarem estrabismo (Rouse, et al. 1998).

Num estudo realizado por Porcar e Matinez-Palomera (1997) é referido que devido à elevada prevalência de disfunções da visão binocular encontrada em estudantes universitários, onde a insuficiência de convergência apresentou um valor de 7,7%, deverá existir uma avaliação visual adequada nesta população, uma vez que essas alterações da visão binocular poderão ter um efeito negativo no seu rendimento académico.

O diagnóstico da insuficiência de convergência é baseado na existência de um PPC afastado (mais de 9 a 10cm) e numa diminuição da amplitude de fusão, em convergência, para perto (Hugonnier & Hugonnier, 1981; Von Noorden, 1996). No entanto, Santiago et al. (1999) referem que para diagnosticar uma insuficiência de convergência basta que se verifique uma das seguintes condições: amplitude de convergência deficiente (menos de 20 dioptrias prismáticas para perto) ou um PPC remoto (entre 10 a 30cm ou mais).

Muitos pacientes com insuficiência de convergência têm associada uma exoforia para perto, no entanto também podem ser ortofóricos ou até mesmo endofóricos, podendo também, qualquer uma destas três situações estar associada a uma foria vertical. Contudo, a insuficiência de convergência é uma entidade clínica isolada sendo uma das mais comuns causas de desconforto ocular, de facto, é a causa mais comum de astenopia muscular, sendo por isso de uma relevância clínica muito grande (Lyle & Wybar, 1967; Von Noorden, 1996).

Lyle e Wybar (1967) defendem a existência de sete tipos de insuficiência de convergência:

- Primária

- Secundária a estrabismo divergente primário

- Secundária a uma limitação muscular vertical

- Refractiva

- Sistémica

- Presbiópica

- Pós operatória

Os principais sintomas da insuficiência de convergência, referidos pela maioria dos autores, são a astenopia ou fadiga visual, que se caracteriza por:

cefaleias frontais, ardor ocular e “olhos cansados”. Estes sintomas, apresentam a particularidade de aparecerem praticamente só na visão de perto e geralmente só ao fim de algum tempo (Lyle & Wybar, 1967; Hugonnier & Hugonnier, 1981; Pratt-Johnson & Tillson, 1994; Jeanrot & Jeanrot, 1996; Cooper et al., 1998; Simon et al., 2002; Ciuffreda, 2002; Scheiman et al., 2002, 2005).

Outros sintomas, também são referidos por diversos autores, tais como: dificuldade em alternar entre visão de longe e perto, visão turva para perto, queixas durante a leitura com linhas que se misturam e em algumas ocasiões até mesmo diplopia (Lyle & Wybar, 1967; Jeanrot & Jeanrot, 1996; Cooper et al., 1998; Simon et al., 2002; Ciuffreda, 2002; Scheiman et al., 2002, 2005).

Só em estudos mais recentes, é que alguns autores referem que a náusea, sonolência, perda de concentração, fadiga geral e sensação de que os olhos são “empurrados para fora”, são sintomas que podem estar relacionados com a insuficiência de convergência (Cooper et al., 1998; Ciuffreda, 2002)

O aparecimento de sintomas depende, em grande parte, das necessidades visuais do indivíduo. Com um tratamento ortóptico adequado, a insuficiência de convergência apresenta um prognóstico, para o alívio dos sintomas e restabelecimento das funções binoculares, habitualmente bom (Lyle & Wybar, 1967).

Fadiga visual e diplopia em resultado de uma insuficiência de convergência podem ser uma séria limitação à aprendizagem (Mazow, France, Finkleman, Frank & Jenkins, 1989).

A insuficiência de convergência raramente chega a ser um problema clínico antes da transição da adolescência para a idade adulta. O aumento do trabalho escolar e os prolongados períodos de leitura podem exacerbar os sintomas. O tipo de paciente mais frequente são os estudantes dos últimos anos do secundário e universitários que frequentemente apresentam queixas antes dos exames devido ao esforço visual desenvolvido durante os períodos extensos de estudo para a preparação dos mesmos (Von Noorden, 1996).

Mais tarde, Cooper et al. (1998) referem que o desempenho escolar, especialmente quando a criança começa a ler com letras mais pequenas e durante mais tempo, pode ser afectado pela presença de uma insuficiência de convergência. Devido ao desconforto, a criança pode não conseguir completar as suas tarefas e distrair-se facilmente ou não estar atenta.

A existência de uma relação entre a insuficiência de convergência e a acomodação tem sido confirmada por alguns autores. Alterações da acomodação podem causar uma aparente insuficiência de convergência. Uma vez que a visão ao perto envolve a acomodação e a convergência, uma alteração da acomodação pode causar um defeito secundário na convergência (Pratt-Johnson & Tillson, 1994). Deste modo, indivíduos no início da presbiopia podem desenvolver uma insuficiência de convergência (Von Noorden, 1996). No entanto, para Abrams (1993), a sua incidência não mostra correlação significativa com a idade ou com erros refractivos. Apesar disso, o mesmo autor refere que embora a etiologia da insuficiência de convergência não seja completamente entendida, as dificuldades de acomodação são uma das causas comuns para o seu aparecimento.

ATENÇÃO VISUAL

Segundo Hatfield (1998), apesar de só recentemente a atenção se ter tornado um tópico central em psicologia, por comparação a áreas como a percepção sensorial, a imagem mental ou a memória, pelo menos na sua manifestação consciente ela é um aspecto fundamental a ter em conta. Segundo o mesmo autor, as primeiras descrições dos aspectos fundamentais da atenção, de que há registo, datam do século XVII. As teorias principais foram formuladas no final do século XVIII e as primeiras áreas de investigação experimental surgiram no final do século XIX. A evolução das técnicas experimentais e o aparecimento de novos instrumentos têm tornado possível uma análise mais pormenorizada da psicofísica da atenção, o que por sua vez permite formular questões complexas sobre curso temporal, distribuição espacial e relação das diferentes características do processo atencional.

Para Treisman (1998), a exploração da percepção visual de rostos e objectos, e o papel da atenção em criar as representações da integração e da organização que conscientemente experimentamos, é um dos principais temas de interesse no fenómeno da atenção. O acto de olhar para uma figura definida é automático, mas

para um conjunto de figuras requer atenção, que se torna imprescindível na identificação de figuras complexas¹³.

O sistema visual permite-nos fazer uma representação do mundo real à nossa volta, detectar características particulares do objecto, como a convexidade, a transparência, a superfície, a cor ou o movimento. Por exemplo, a área V1 contém as células especializadas no movimento. No entanto, a sua interacção pode originar efeitos interessantes, tal como a alteração da luminância e contraste que dá origem ao efeito 3D.

A informação de um objecto particular no campo visual é capturada com uma representação momentânea, incluindo propriedades arbitrárias correntes, que aparecem na localização presente e nesse período de tempo. Se a atenção é dividida por mais elementos na observação do objecto, cria-se uma representação global, com emergência do que o caracteriza como um todo.

Mack e Rock (1998) defendem que a centralidade da atenção na percepção é não limitar a visão, podendo o fenómeno de cegueira inatencional ser considerado um fenómeno visual peculiar, embora, outras modalidades sensoriais possam exibir as suas versões de insensibilidade inatencional. Defendem ainda que a insensibilidade inatencional é o resultado da inatenção, uma característica comum a todos os outros sistemas sensoriais.

A variedade visual que nos permite voltar atrás em retrospectiva, que quase todos temos, caracteriza-se por uma experiência de olhar sem ver. Durante estes momentos, não obstante os nossos olhos estarem abertos, e os vários objectos perante nós enviarem informação para as nossas retinas, a nós parece-nos perceber pouco ou nada como que essa informação não chegasse ao cortex. Estes momentos de cegueira, que parecem ocorrer durante momentos de distração ou de intensa absorção por outras questões, podem ser alarmantes, se ocorrerem, por exemplo durante a condução. Muitas vezes, esta é uma experiência correlativa que sublinha a relação entre percepção e atenção, nomeadamente, a audição ou a visão de alguma coisa que de facto não está lá (James cit. in Mack & Rock, 1998). A

¹³ A percepção da textura é fácil quando baseada em figuras simples, mas difícil ou impossível quando a figura é definida apenas por conjunções. Ao nível do córtex visual a codificação para diferentes cores, orientações e dimensões requer diferentes células especializadas, sendo a sua resposta maior para estímulos *standard* do que para estímulos não *standard*. Em todos estes processos é requerida a atenção visual.

atenção é essencial para uma percepção conscienciosa, ou seja, sem ela simplesmente não temos percepção (Mack & Rock, 1998).

A atenção pressupõe várias funções. Sendo necessário considerar que a atenção está envolvida na nossa interacção com o meio ambiente (Tipper & Weaver, 1998). Segundo Kestenbaum (cit. in Von Noorden, 1996), para existir fixação devem estar presentes as seguintes condições: boa função foveal, o objecto fixado deve ter contornos distintos e possuir características que despertem a atenção.

Para Tipper e Weaver (1998) as considerações de validade ecológica são importantes porque há sempre a possibilidade de que as teorias, desenvolvidas com base em experiências (por vezes artificiais) realizadas em laboratório, não traduzam correctamente a realidade e por isso mesmo não podem ser generalizadas para o desempenho em ambientes não artificiais. Deste modo, os autores defendem que a atenção nem sempre é facilitadora do processo perceptual.

Se a atenção seleccionar informação para induzir uma acção, é provável manipular representações de objectos, porque as nossas acções são habitualmente direccionadas para estes.

Existe uma relação muito forte entre a automaticidade e a atenção. A aquisição e a expressão da automaticidade são influenciadas por cada uma de quatro variedades de atenção: selecção de entrada, selecção de análise, selecção de resposta e selecção de saída. A atenção determina qual a informação que é codificada na memória durante a aquisição e qual a recuperada e expressa posteriormente. O mesmo se passa na automaticidade, onde também é obrigatório codificar e recuperar¹⁴. Discrepâncias perceptuais súbitas, são bons exemplos de estímulos que atraem atenção “automaticamente” (Logan & Compton, 1998).

Os mesmos autores referem que os indivíduos experientes têm habitualmente melhor desempenho que os inexperientes, em tarefas que englobam percepção de estímulos que são relevantes para a sua experiência. Esses benefícios são usualmente explicados pelo conhecimento que os experientes possuem em tarefas relevantes, pois têm mais modelos na sua memória a longo prazo. Deste modo, alguns dos conhecimentos podem ser usados para direccionar a atenção para uma

¹⁴ Os efeitos da codificação sugerem que os sujeitos apreendem aquilo a que prestam atenção, e os efeitos de recuperação sugerem que os objectos apreendidos podem ter um impacto na performance subsequente.

parte importante do acontecimento. Os experientes ao contrário dos inexperientes estão mais atentos à informação relevante e ignoram a informação irrelevante.

Segundo Yantis (1998), a forma de um objecto não é suficiente para capturar a atenção, e as teorias da sua captação que assentam na forma (relevo), têm encontrado resistência por parte das observações empíricas.

A aparência de novos objectos percebidos capta a atenção, mesmo quando se sabe que esses objectos não trazem nenhuma informação adicional ou são irrelevantes para a busca. Se surgir um novo objecto no campo visual, é desenvolvido um conjunto de respostas para automaticamente repor a atenção nele. Esta situação é um importante meio de estudo dos mecanismos responsáveis pela criação de representações perceptuais, e é uma via natural para examinar a interacção entre organização perceptual e atenção.

O desempenho de duas tarefas visuais aparentemente diferentes pode ser caracterizada como uma manifestação de um único mecanismo visual fundamental. Quando um objecto desaparece por um período de tempo significativo, é requerida uma nova representação perceptual¹⁵ após o seu reaparecimento.

O envelhecimento pode provocar alterações a nível da atenção visual. Num estudo realizado por Daffner, Scinto, Weintraub, Guinessey e Mesulam (1994) o grupo dos indivíduos com idade avançada manteve menos tempo a atenção em estímulos incongruentes, do que os indivíduos de “meia-idade”, apesar dos movimentos oculares exploratórios desencadeados pela curiosidade poderem estar bem preservados nos dois grupos.

Entre o 3º e o 6º mês de vida, o mecanismo da atenção, sofre um período de maior desenvolvimento. A preferência por novas localizações parece desenvolver-se antes da preferência por novos objectos. Embora ambas as formas de preferência pela novidade pareçam estar presentes à nascença (Posner, Rothbart, Thomas-Thrapp & Gerardi, 1998).

Num estudo realizado em crianças com 14, 20 e 26 semanas de idade, Richards e Hunter (1997) concluíram que a atenção da criança regula as características dos movimentos dos olhos, o que suporta a hipótese de que o

¹⁵ A criação de uma nova representação perceptual do objecto é responsável por um conjunto de mecanismos envolvidos na captação da atenção. Os sistemas visuais são perspicazes na manutenção da coerência perceptual, em casos de desaparecimento de objectos ou descontinuidades, através de interacções ao nível cortical, que não são totalmente conhecidas.

sistema de movimento do olho e da cabeça são relativamente independentes, e que a relação olho-cabeça durante o período de atenção pode ser diferente da relação olho-cabeça durante o período de desatenção.

O mecanismo da atenção na origem da sacada é muito importante, para diferenciar os métodos usados na manipulação da atenção. Ao acompanhar de forma voluntária um estímulo na periferia visual de forma sustida (durante 1 ou 2 segundos), de acordo com as instruções, observa-se um efeito de sacadas latentes opostas, com propriedades espaciais e temporais diferentes. A atenção nesta situação é selectiva para o hemisfério utilizado na sacada. Nas sacadas manifestas, a fixação pode ter um efeito facilitador da atenção até um pequeno período de tempo, mas tornar-se inibidor num longo período de tempo.

Um possível modelo da origem das sacadas latentes surge como causa dos efeitos de localização espacial e de atenção voluntária focada, uma via visual válida pode activar as células visuais e motoras¹⁶, e como tal as sacadas (especialmente as manifestas) serem facilitadas (Fischer, 1998).

De modo a clarificarmos as interacções atencionais entre os estímulos e os elementos distractivos¹⁷ no dispositivo visual, LaBerge (1998), defende que é necessário tratar separadamente a expressão, mecanismos e controlo da atenção. Para este autor a percepção de um estímulo é diferente, consoante a distância entre o estímulo e o elemento distractivo for grande ou pequena. Por esta razão, é proposto que diferentes mecanismos possam conduzir as operações de orientação e resolução.

Os autores Luck e Beach (1998) consideram uma questão fundamental a forma como se realiza o processamento neurofisiológico da informação visual, semelhante a outros ocorridos ao nível do sistema nervoso, desde os sistemas sensoriais de entrada (*inputs*), até aos sistemas motores de saída (*outputs*). Por exemplo, os neurónios que controlam os movimentos voluntários do olho são “campos resposta” e são análogos aos campos receptores dos neurónios sensoriais.

¹⁶ Quase todas as células relativas às sacadas podem ter um efeito inibitório nas células da fixação, o que pode levar a que os efeitos causados sejam mediados pela interacção inibitória natural entre as células das sacadas e da fixação. Fischer (1998) sugere mesmo que o termo atenção seja reservado para os aspectos voluntários do controlo da sacada, e que seja usado o termo “orientação reflexa”, para efeitos introduzidos automaticamente para a via visual espacial.

¹⁷ Elementos que provocam distração e que deste modo interferem com a atenção no estímulo.

Estes neurónios analisam os efeitos da atenção, que são análogos aos efeitos observados na área V4. Os neurónios do campo frontal do olho respondem fortemente quando o estímulo está dentro do campo receptor. Assim, a supressão da actividade motora aparece dependente das posições do movimento potencial do estímulo, em relação ao campo receptor. Limitações similares acontecem também em níveis superiores do processo cognitivo. Por exemplo, o limitado espaço da memória a curto prazo, pode ser uma causa de erros.

Antes de 1970, não havia evidências sobre o facto do processo da atenção visual poder se estabelecer independentemente da fixação visual.

Embora os indivíduos estejam aptos para mudar a atenção visual independentemente da fixação, existem algumas situações em que isso pode ser artificial e desconfortável. A análise visual é mais eficiente se for prestada atenção aos objectos que estão a ser fixados. Além disso, a localização do foco da atenção e da fixação ocular correspondem com muita frequência, o que leva a que vários investigadores refiram que deve haver uma relação entre estes dois aspectos (Wright & Ward, 1998).

Contudo, como é referido por Kapoula e Bucci (2005), a mobilidade do olhar não é o único motor da visão fina. O movimento dos olhos e a atenção visual estão interligados. Isto permite colocar duas hipóteses possivelmente complementares:

- A atenção visual é o motor principal, a sacada não faz mais do que dirigir o olhar para o ponto onde a atenção está focalizada.
- A atenção visual resulta da motricidade, fixando-se no ponto para onde a sacada a conduziu.

A segunda hipótese, dita teoria pré-motora da atenção, parece estar apoiada em vários estudos onde é demonstrada a influência da atenção sobre a trajectória das sacadas. Assim, a visão, a motricidade ocular, a atenção visual e a aprendizagem visuo-motora estão interligadas, dependendo umas das outras e constituindo a base da leitura.

DIRECÇÃO DO OLHAR E ATENÇÃO VISUAL

É de extrema importância a compreensão do papel dos movimentos oculares no processo de pesquisa visual (*eye tracking*). Ao mover os olhos para colocar uma parte do campo visual na área da retina com resolução máxima (fóvea), ou seja, de modo a poder visualizar com o máximo detalhe a parte central da direcção do olhar, a atenção é também frequentemente desviada para esse ponto de modo a ser possível manter a concentração, ainda que apenas por um curto período de tempo, num determinado objecto ou área de interesse. Desta forma, pode-se presumir que se um determinado indivíduo conseguir efectuar a pesquisa visual (*eye tracking*), é possível seguir, acompanhar e compreender o padrão de atenção desenvolvido pelo mesmo. Esta informação é importante para avaliar o que o indivíduo considerou interessante, ou seja, o que lhe despertou mais atenção, bem como para fornecer algumas indicações sobre a forma como este percepcionou a informação visualizada.

Um estudo realizado por Horowitz, Holcombe, Wolfe, Arsenio, e DiMase (2004) que tinha como objectivo avaliar a velocidade com que o ser humano pode mudar o foco da sua atenção visual, revelou que as sacadas atencionais entre objectos são bastante lentas, na ordem de 300-500 ms sendo que a atenção pode mudar substancialmente mais rápido quando um observador segue um objecto em movimento.

Hutton e Tegally (2005), num estudo por eles realizado, referem que os processos da atenção visual têm sido, tradicionalmente, relacionados com a produção de movimentos sacádicos do olho, mas o seu papel no controlo dos movimentos de perseguição, continua por esclarecer. Nesse estudo, variando os recursos da atenção disponíveis na perseguição, verificaram que quando esta era perturbada com uma tarefa secundária, prejudicava o desempenho do movimento de perseguição, levando a uma diminuição da velocidade e a um aumento do erro de posição. Isto sugere que a atenção é importante para a manutenção de um movimento de perseguição preciso e não suporta a hipótese de que a perseguição é uma função relativamente automática que continua óptima mesmo sem o controlo da atenção visual. Para os autores, estes resultados vêm dar força à sugestão de que,

quer os movimentos de perseguição quer os movimentos sacádicos têm uma arquitectura funcional similar.

Considerando a atenção visual em termos de “o quê” e “onde”, é de esperar que os movimentos oculares trabalhem de forma a suportarem a hipótese de que a visão se comporta como um processo cíclico, constituído pelas seguintes etapas (Duchowski, 2003):

- Na presença de um estímulo, como por exemplo uma fotografia, é em primeiro lugar observada toda ao mesmo tempo através da visão global e com uma baixa resolução. Nesta altura, certos pormenores interessantes da fotografia podem sobressair no campo de visão, no sentido de ligar ou direccionar a atenção para a sua localização de modo a ser efectuada uma inspecção mais detalhada das mesmas.
- A atenção está assim desligada da zona foveal e os olhos são rapidamente reposicionados para o primeiro pormenor que despertou a atenção.
- Tendo os olhos terminado o seu movimento intencional, a fóvea está dirigida para o pormenor de interesse, e a atenção está ligada de modo a perceber as diferentes características através de uma inspecção de alta resolução.

As etapas referidas anteriormente constituem um dos modelos ou conceitos da atenção visual. Se este modelo estiver correcto, é de esperar encontrar regiões cerebrais cuja função corresponde a mecanismos da atenção.

Este modelo é correcto no sentido em que se pode considerar um componente natural da visão humana. De facto, para Duchowski (2003), este modelo constitui uma base sólida para os modelos computadorizados de pesquisa visual.

No entanto, para o mesmo autor, a perspectiva da atenção visual considerada por este modelo encontra-se incompleta uma vez que não tem em consideração várias questões relevantes, tais como:

- Assumindo que é principalmente o estímulo visual que desperta a atenção, quais são exactamente as características que atraem a mesma?
- Se os estímulos visuais fossem os responsáveis exclusivos por desencadear a atenção, alguma vez necessitaríamos da capacidade de efectuar movimentos oculares voluntários?
- Qual é a relação entre a atenção e os movimentos oculares? E será que a atenção se encontra sempre associada à porção de campo visual observada pela fóvea?

Para uma melhor compreensão da primeira questão é necessário examinar a forma como o mecanismo visual (olhos e cérebro) responde aos estímulos visuais. Para validarmos um modelo de atenção visual, é necessário podermos justificar o respectivo modelo através de regiões cerebrais, identificadas como sendo responsáveis pela funcionalidade proposta pelo modelo. Por exemplo, esperamos encontrar regiões cerebrais que activem e que inibam a atenção, tal como outras, responsáveis pelo controlo (programar, iniciar e terminar) dos movimentos oculares. Além disso, existem regiões no cérebro responsáveis por responder e interpretar os estímulos visuais captados pelo olho.

O sistema visual humano responde mais intensamente a alguns tipos de estímulos que a outros. Este tipo de resposta pode ser prevista até um certo ponto através de uma correcta avaliação da fisiologia do sistema visual.

Duchowski (2003) considera que este modelo de atenção visual não responde adequadamente à segunda questão, uma vez que, se encontra limitado em determinados aspectos característicos da atenção. Uma teoria completa da atenção visual deve também incluir os processos cognitivos que descrevem a nossa intenção voluntária para prestar atenção a determinado aspecto. As pessoas visualizam um objecto de acordo com o que estão à procura.

Em relação à terceira questão, esta suscita um problema clássico nos estudos de pesquisa visual (*eye tracking*). Devido ao facto da atenção ser composta por funções de alto e baixo nível (atenção involuntária e voluntária, respectivamente), o indivíduo pode dissociar voluntariamente a atenção da direcção principal do olhar. Por exemplo, os astronautas efectuam este processo regularmente para detectar constelações à vista desarmada que recaem “fora da fóvea”. Uma vez que a periferia é mais sensível ao contraste, as estrelas menos luminosas são mais facilmente visualizadas pela retina periférica do que pela retina central. Este é um problema bem conhecido pelos vários investigadores de dispositivos de pesquisa visual (*eye tracking*). O sistema de pesquisa visual (*eye tracking*) consegue apenas detectar os movimentos manifestos dos olhos, no entanto é incapaz de detectar o movimento oculto da atenção visual.

Em todos os trabalhos efectuados com o pesquisador visual (*eye tracker*) aceita-se normalmente que a atenção visual se encontra relacionada com a direcção foveal principal, no entanto esta relação pode nem sempre ser verificada.

Num estudo realizado por Grosbras, Laird e Paus (2005), cujo objectivo era avaliar quais os mecanismos cerebrais envolvidos no processo de mudança da atenção visual, os autores propuseram que uma área central das regiões frontoparietais e temporais, é recrutada quando alteramos o foco da nossa atenção, quer seja com movimentos oculares ou não, em resposta ao aparecimento de um alvo visual.

METODOLOGIA

Seguidamente, iremos descrever o processo por nós utilizado, na tentativa de dar resposta á questão anteriormente colocada (pág. 7) e que está na origem deste estudo:

Será que existem diferenças significativas durante a fixação e perseguição de um alvo, em indivíduos com insuficiência de convergência e indivíduos com visão binocular normal?

TIPO DE ESTUDO

Neste estudo iremos descrever e comparar a direcção do olhar (fixação e perseguição) em dois grupos com características diferentes, sendo um grupo formado por indivíduos com visão binocular normal e o outro por indivíduos com insuficiência de convergência. Iremos desta forma proceder a um estudo descritivo e comparativo.

Os valores fornecidos pelo conjunto dos indivíduos serão posteriormente tratados e analisados estatisticamente. Sendo então, os resultados obtidos explicitados e interpretados.

DEFINIÇÃO DA POPULAÇÃO E SELECÇÃO DA AMOSTRA

A amostra é composta por indivíduos adultos, com o mesmo grau sócio cultural, de ambos os sexos e com idades entre os 18 e os 23 anos, distribuídos por dois grupos. O primeiro grupo é formado por indivíduos com visão binocular normal e o segundo por indivíduos com insuficiência de convergência, sendo que, cada um dos grupos é composto por 26 participantes.

Os critérios utilizados para a selecção dos indivíduos que constituem o grupo com visão binocular normal foram, o de apresentarem:

- **Acuidade visual superior ou igual a 8/10 nos dois olhos**, uma vez que é necessária uma visão equilibrada em ambos os olhos para que a visão binocular se desenvolva correctamente. Lyle e Wybar (1967) referem que o desenvolvimento da visão binocular está dependente em primeiro lugar, de um valor de acuidade visual adequado em cada olho, o que obriga a uma razoável integridade da mácula, da fóvea e dos meios transparentes, assim como de um equilíbrio do valor da refração, de modo a que a diferença de tamanho entre as imagens elaboradas no córtex, correspondentes à informação transmitida por cada um dos olhos, não seja demasiado grande o que poderia comprometer a sua fusão.
- **Estereopsia para perto de 40"**, dado ser considerada a estereopsia, o terceiro grau da visão binocular, representando, deste modo, o grau mais fino da visão binocular (Lang, 1981). Pratt-Johnson e Tillson (1994) afirmam que a visão binocular normal é caracterizada por uma excelente estereopsia, de 60 segundos ou menos com o teste de Titmus.
- **Divergência para perto entre 8 e 16 dioptrias prismáticas**. Embora não exista na literatura um valor exacto considerado normal, os valores por nós escolhidos estão em consonância com os referidos por Besnard 1978, Hugonnier e Hugonnier (1981), Pratt-Johnson e Tillson (1994) e Simon et al. (2002).
- **Convergência para perto entre 25 e 40 dioptrias prismáticas ou uma convergência para perto de 20 dioptrias prismáticas sem queixas astenópicas**. Estes valores estão mais ou menos em consonância com os referidos por vários autores. A inclusão do critério da existência ou não de astenopia para a convergência de 20 dioptrias prismáticas, deve-se a considerarmos que embora este valor já esteja

um pouco abaixo do considerado normal (*borderline*) o facto de não apresentar queixas astenópicas, poderá ser considerado normal uma vez que esse valor não desencadeia o aparecimento das referidas queixas. Valores baixos de convergência para perto são uma das mais comuns causas de desconforto ocular, de facto, é a causa mais comum de astenopia muscular (Von Noorden, 1996).

- **Ponto próximo de convergência inferior a 8cm ou um ponto próximo de convergência entre 8cm e 10cm sem queixas astenópicas.** Neste parâmetro, embora na literatura consultada os intervalos de normalidade possam variar entre 5cm (Hugonnier & Hugonnier, 1981 e Santiago et al., 1999) e 10cm (Lyle & Wybar, 1967; Mallet, 1993; Pratt-Johnson & Tillson, 1994 e Simon et al., 2002) optámos por um valor mais consensual e nos casos limite (*borderline*) utilizámos um critério semelhante ao da convergência (anteriormente descrito) introduzindo o factor queixas astenópicas.

Os critérios utilizados para a selecção dos indivíduos que constituem o grupo com insuficiência de convergência foram, o de apresentarem:

- **Acuidade visual superior ou igual a 8/10 nos dois olhos**, uma vez que como foi referido anteriormente, alterações na visão podem comprometer o correcto desenvolvimento da visão binocular (Lyle & Wybar, 1967). Deste modo, optámos por manter o mesmo critério no que diz respeito à acuidade visual nos dois grupos, de modo a podermos controlar as possíveis influências dessa variável.

Qualquer deficiência na amplitude de convergência ou um ponto próximo de convergência remoto constitui uma insuficiência de convergência (Santiago et al., 1999).

Cooper e Duckman (1978) referem que a generalidade dos estudos considera insuficiência de convergência quando existe uma baixa amplitude de convergência para perto e/ou um ponto próximo de convergência aumentado. No mesmo sentido, Daum (1988), refere que os critérios mais utilizados para definir a condição de

insuficiência de convergência, nos diferentes estudos sobre esta temática, são a existência de sintomas e a diminuição da amplitude convergência para perto, logo seguidos pelo aumento do ponto próximo de convergência.

Assim sendo, foi utilizado também como critério de inclusão para este grupo a presença de pelo menos uma das seguintes condições:

- **Convergência para perto inferior a 20 dioptrias prismáticas ou uma convergência para perto de 20 dioptrias prismáticas com queixas astenópicas.** Uma vez que, como é referido por diversos autores Lyle e Wybar (1967), Lang (1981), Hugonnier e Hugonnier (1981), Pratt-Johnson e Tillson (1994), Scheiman e Wick (1994), Jeanrot e Jeanrot (1996) e Von Noorden (1996) a insuficiência de convergência caracteriza-se por uma limitação dos movimentos de convergência ou da amplitude de fusão em convergência. Qualquer deficiência na amplitude de convergência (menos de 20 dioptrias prismáticas para perto) constitui uma insuficiência de convergência (Santiago et al., 1999). Mais uma vez, introduzimos o critério queixas astenópicas, para os valores *borderline*, devido ao facto destas estarem presentes nas situações de insuficiência de convergência (Lyle & Wybar, 1967; Hugonnier & Hugonnier, 1981; Pratt-Johnson & Tillson, 1994; Jeanrot & Jeanrot, 1996; Von Noorden, 1996; Simon et al., 2002).
- **Ponto próximo de convergência superior a 10cm ou um ponto próximo de convergência entre 8cm e 10cm com queixas astenópicas.** Um dos parâmetros mais referidos, por vários autores, para o diagnóstico da insuficiência de convergência é existência de um ponto próximo de convergência afastado ou aumentado (Hugonnier & Hugonnier, 1981; Scheiman & Wick, 1994; Von Noorden, 1996; Santiago et al., 1999). No entanto, mais uma vez, em relação aos valores *borderline*, foi utilizado o critério queixas astenópicas, referido anteriormente.

De modo a podermos aplicar estes critérios de inclusão/exclusão criámos uma grelha de avaliação e caracterização (Anexo I) para registo das funções visuais por nós tidas como relevantes para este estudo. Os parâmetros que estiveram na base da constituição desta grelha foram: idade (anos), sexo (masculino ou feminino), tipo de correcção refractiva que usa (não usa, óculos ou lentes contacto), acuidade visual para longe (escala decimal), movimentos oculares (normais ou alterados), ponto próximo de convergência (centímetros), convergência para perto (dioptria prismática), divergência para perto (dioptria prismática) e estereopsia (segundos de arco)

De modo a podermos identificar e caracterizar as queixas astenópicas, foi por nós elaborado um questionário (Anexo II) com 5 questões de escolha múltipla: 1) "apresenta, frequentemente, algum dos seguintes sintomas/queixas?", 2) "em que situações ocorrem com mais frequência?", 3) "o aparecimento das queixas é mais frequente em que condições de luminosidade?", 4) "em que período(s) do dia ocorrem com mais frequência?", 5) "ao fim de quanto tempo?".

HIPÓTESES

As hipóteses decorrem naturalmente do objectivo por nós proposto e que, apesar de já ter sido formulado anteriormente (pág. 6), achámos pertinente aqui relembrar.

Assim, pretendemos investigar a existência de diferenças significativas, durante a fixação e perseguição de um alvo colocado a 50cm, em adultos jovens com insuficiência de convergência e adultos jovens com visão binocular normal. Ou seja, pretendemos com este trabalho de investigação realçar e caracterizar as diferenças existentes, durante a fixação e perseguição de um alvo, entre os indivíduos com insuficiência de convergência e indivíduos com visão binocular normal.

Assim sendo, as hipóteses por nós formuladas são as seguintes:

H₁ - Existem diferenças significativas na direcção do olhar, relativamente ao Número de Fixações, entre indivíduos com visão binocular normal e indivíduos com insuficiência de convergência.

H₂ - Existem diferenças significativas na direcção do olhar, relativamente à Duração Média das Fixações, entre indivíduos com visão binocular normal e indivíduos com insuficiência de convergência.

H₃ - Existem diferenças significativas na direcção do olhar, relativamente à Média das Distâncias Inter-Fixações (amplitudes de sacada), entre indivíduos com visão binocular normal e indivíduos com insuficiência de convergência.

H₄ - Existem diferenças significativas na direcção do olhar, relativamente ao Número de Inversões, entre indivíduos com visão binocular normal e indivíduos com insuficiência de convergência.

DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS

Variáveis dependentes

A direcção do olhar divide-se em quatro componentes:

- Número de Fixações: Quantidade de fixações dadas pelo software de análise de dados EYENAL (ver pág. 64). Variável quantitativa de tipo ordinal não sequencial;
- Duração Média das Fixações: Período médio de tempo das durações das fixações num determinado segmento. Variável quantitativa contínua medida em segundos;

- Média das Distâncias Inter-Fixações: Distância média entre fixações consecutivas ou amplitude média das sacadas. Variável quantitativa contínua medida em graus;
- Número de Inversões: Número de vezes que o indivíduo realiza regressões na direcção do olhar ou seja, inverte o sentido do segmento que está a realizar. Variável quantitativa de tipo ordinal não sequencial.

Variável independente

Visão binocular normal/insuficiência de convergência

Variáveis não controladas

Na nossa amostra, a variável Sexo não foi tida em consideração não só devido à reduzida dimensão da amostra no que diz respeito ao género masculino mas também devido ao facto de não termos encontrado na literatura qualquer tipo de relação ou interferência, desta variável com a visão binocular ou com a insuficiência de convergência.

INSTRUMENTO

Devido à importância dos movimentos oculares, das anomalias associadas e de todos os factores que os influenciam, o sistema de pesquisa visual (*eye tracking*), enquanto instrumento de caracterização da direcção do olhar, tem sido utilizado em numerosas investigações nas diversas áreas do conhecimento, onde a motilidade ocular e a atenção visual desempenham um papel fundamental.

De entre as várias hipóteses possíveis, a nossa escolha recaiu sobre um sistema de vídeo que combina o centro da pupila com o reflexo corneano. Isto deveu-se ao facto de este sistema ter em linha de conta o ponto de fixação e regista-lo em tempo real, factor essencial para a concretização dos nossos objectivos.

Como o alvo por nós definido se encontra a uma distância relativamente próxima, optámos por um modelo de mesa.

Este tipo de modelo apresenta também a vantagem de nos permitir uma avaliação quantitativa contrariamente ao modelo de montagem na cabeça que só permite uma avaliação mais qualitativa.

Assim, o instrumento utilizado para este estudo foi o **Sistema de Pesquisa Visual (*Eye Tracking System*) modelo 504** (Figura 1) fabricado pela empresa norte-americana Applied Science Laboratories (ASL).

Este dispositivo é montado numa mesa e utiliza o reflexo corneano de, uma fonte de infravermelhos, que é medido relativamente à localização do centro da pupila.

Os reflexos corneanos são conhecidos como reflexos de Purkinje, ou como imagens de Purkinje (Crane, cit. in Duchowsky, 2002). Devido à constituição do

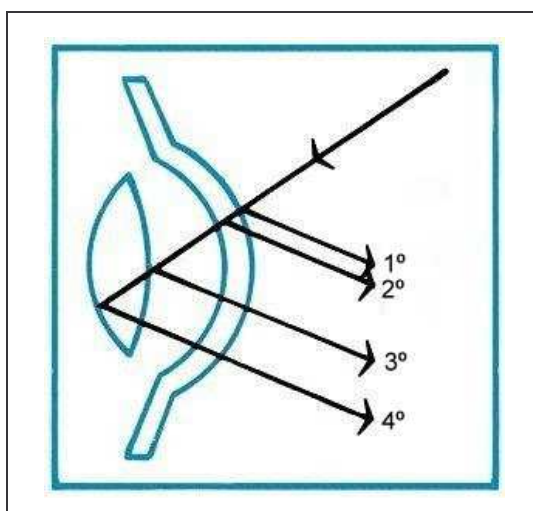
olho, são formados quatro reflexos de Purkinje (Figura 2). Os sistemas de pesquisa visual (*eye tracking*) baseados em vídeo normalmente localizam o primeiro reflexo de Purkinje.

São necessários dois pontos de referência no olho para separar os movimentos oculares dos movimentos da cabeça. A diferença posicional entre o centro do diâmetro pupilar e o reflexo corneano muda com uma simples rotação do olho, mas mantém-se relativamente

Figura 1: Pesquisador visual (*eye tracker*) modelo ASL 504¹⁸



Figura 2: Os quatro reflexos de Purkinje¹⁹



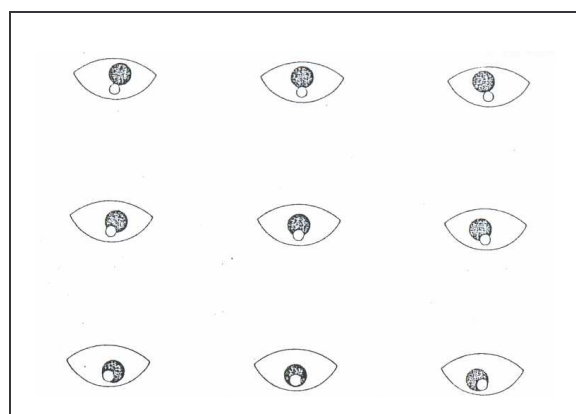
¹⁸ Fonte: http://fp04-554.web.dircon.net/5000_series.html consultado em 16 de julho de 2006 em Applied Science Laboratories.

¹⁹ Fonte: http://www.fourward.com/mgxroot/page_10786.html consultado em 16 de julho de 2006 em Fourward Technologies, Inc.

estável com movimentos mínimos.

O reflexo de Purkinje, como podemos observar na Figura 3, corresponde ao círculo branco pequeno e a pupila ao círculo preto. Considerando que a fonte de infravermelhos é colocada normalmente numa posição fixa em relação ao olho, a imagem de Purkinje é relativamente estável enquanto o globo ocular, e conseqüentemente a pupila, gira na sua órbita.

Figura 3: Posição da pupila em relação ao primeiro reflexo de Purkinje²⁰



O pesquisador visual (*eye tracker*) ASL – 504 é um complexo dispositivo que permite registar dois parâmetros do olho: o movimento deste sobre o campo visual (o que corresponde à linha de visão de um sujeito) e o tamanho da pupila. Este dispositivo permite-nos, de um modo objectivo (sem necessidade de verbalização), obter os parâmetros necessários que nos possibilitam identificar qual o ponto para onde o indivíduo está a olhar, com uma grande precisão. Estes registos baseiam-se no tamanho da pupila e no princípio da reflexão corneana.

Este aparelho é composto pelos seguintes componentes:

- a) Sistema Central de Controlo e Interface: Serve para ligar, registar e enviar o sinal de e para os diferentes periféricos. É composto por um interface a um computador, aplica o algoritmo matemático necessário para o cálculo da linha de visão do sujeito e do tamanho da pupila.
- b) Câmara de registo ocular de alta velocidade (50, 60, 120 y 240 Hz): Esta câmara está ligada através de cabo especial ao Sistema Central de Controlo, é focada ao olho do sujeito e emite um feixe de luz infravermelha. A luz infravermelha emitida pela câmara, na direcção do olho vai ser reflectida pela retina e pela córnea do sujeito e captada novamente por esta, indicando-nos desta maneira o tamanho da pupila

²⁰ Fonte: Duchowslky, A. T. (2002).

(uma maior quantidade de luz reflectida indica-nos um maior tamanho pupilar) e o reflexo corneano. Ambos os sinais são enviados ao Sistema Central de Controlo, descrito anteriormente, onde é calculada a linha de visão do sujeito e o diâmetro pupilar. O correcto posicionamento da câmara é um factor muito importante para uma boa fiabilidade dos registos.

- c) Monitores: Os sinais captados pela câmara e recolhidos pelo Sistema Central de Controlo são enviados para dois monitores. Num visualiza-se o olho ampliado para uma melhor observação das variações do tamanho da pupila, do reflexo pupilar e corneano, assim como a sua movimentação (possibilitando a sua gravação em vídeo). No outro monitor podemos observar a cena para onde o indivíduo está a olhar, assim como a localização do ponto fixado nesse instante (através de uma linha horizontal e outra vertical). Além disso os monitores são uma ferramenta básica a que o investigador recorre no início do trabalho para proceder à calibração e ajuste do aparelho. Este processo é necessário uma vez que existem variações, nos diferentes parâmetros, entre os vários indivíduos.
- d) Software de recolha de dados EYEPOS: O Sistema Central de Controlo está ligado a um computador onde está instalado o programa EYEPOS. Neste software, e mediante menus, encontram-se todas as opções necessárias para controlar o registo ocular, desde o processo de calibragem à aquisição dos dados propriamente ditos. O estímulo que se pretende que o indivíduo examine é enviado para um dos monitores através do Sistema Central de Controlo e por sua vez o EYEPOS adiciona nesse mesmo monitor (mediante um cursor que se desloca) a zona do estímulo que o indivíduo está a olhar. Além disso, processa o sinal enviado desde o Sistema Central de Controlo eliminando ruídos e artefactos, identifica a pupila e o reflexo corneano, calcula o tamanho físico da pupila, assim como a posição do olho (linha de visão do indivíduo) num sistema de coordenadas cartesianas X-Y correspondentes ao objecto apresentado para explorar. Estas

coordenadas têm uma variação máxima de (1,1) até (261,241). O resultado de todo este processo, é um arquivo de registos mais ou menos extenso (dependendo do tempo de exposição); para que sirva de referência, uma exposição de 5 segundos com a câmara a 60 hz produz um arquivo de dados com 300 amostras onde em cada uma está registado a posição do olho (X-Y) e o tamanho da pupila.

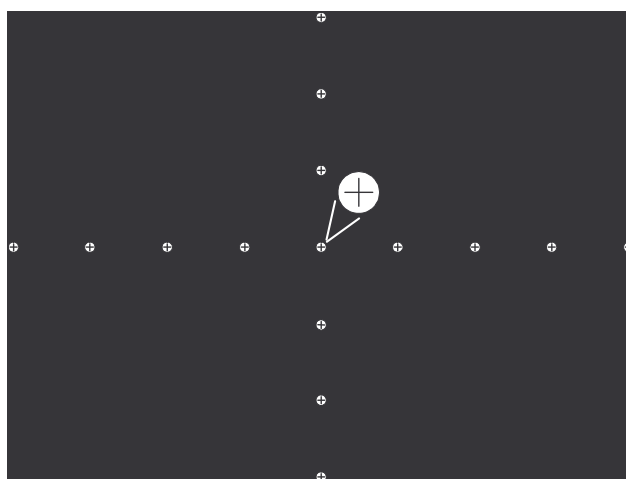
e) Software de análise de dados EYENAL: Posteriormente à recolha de dados, e uma vez que dispomos do arquivo de registos em bruto, estes devem ser depurados e analisados. O programa EYENAL tem esta missão e permite entre outras coisas:

- Depurar dados, fundamentalmente eliminando do registo os pestanejos do indivíduo;
- Apresentar os dados em forma de tabelas e histogramas;
- Definir fixações, agrupando numa só coordenada X-Y (através da média) todas as coordenadas que caibam dentro de uma área que não forme mais do que 1º de ângulo visual à distância a que é realizado o teste (Anexo III);
- Elaborar um registo gráfico imprimível em que se observe o movimento do olho sobre a cena que é observada pelo indivíduo;
- Definir áreas de interesse numa cena e quantificar o número de fixações oculares ou tempo que o indivíduo dedicou a explorar cada uma das áreas definidas;
- Incorpora um conjunto bastante amplo de funções estatísticas (média, mediana, desvio padrão, probabilidades condicionadas e conjuntas, etc.) e opções de criação de arquivos para

tratamento de dados em programas estatísticos muito mais completos como é o SPSS²¹.

O estímulo (cena) utilizado foi construído em PowerPoint e apresentado com uma resolução de 1024x768 *pixels* num monitor de computador LCD de 60Hz com 15 polegadas. Esse estímulo consiste num círculo branco de 5mm de diâmetro que no seu interior apresenta uma cruz preta com 3mm. O referido alvo foi exposto sobre um fundo preto e apresentado a uma distância de 50cm em duas direcções, horizontal e vertical (Figura 4), e nos dois sentidos possíveis, da esquerda para a direita (E-D), da direita para a esquerda (D-E), na direcção horizontal e de cima para baixo (C-B), de baixo para cima (B-C), na direcção vertical.

Figura 4: Localização do alvo nas 15 posições possíveis²²

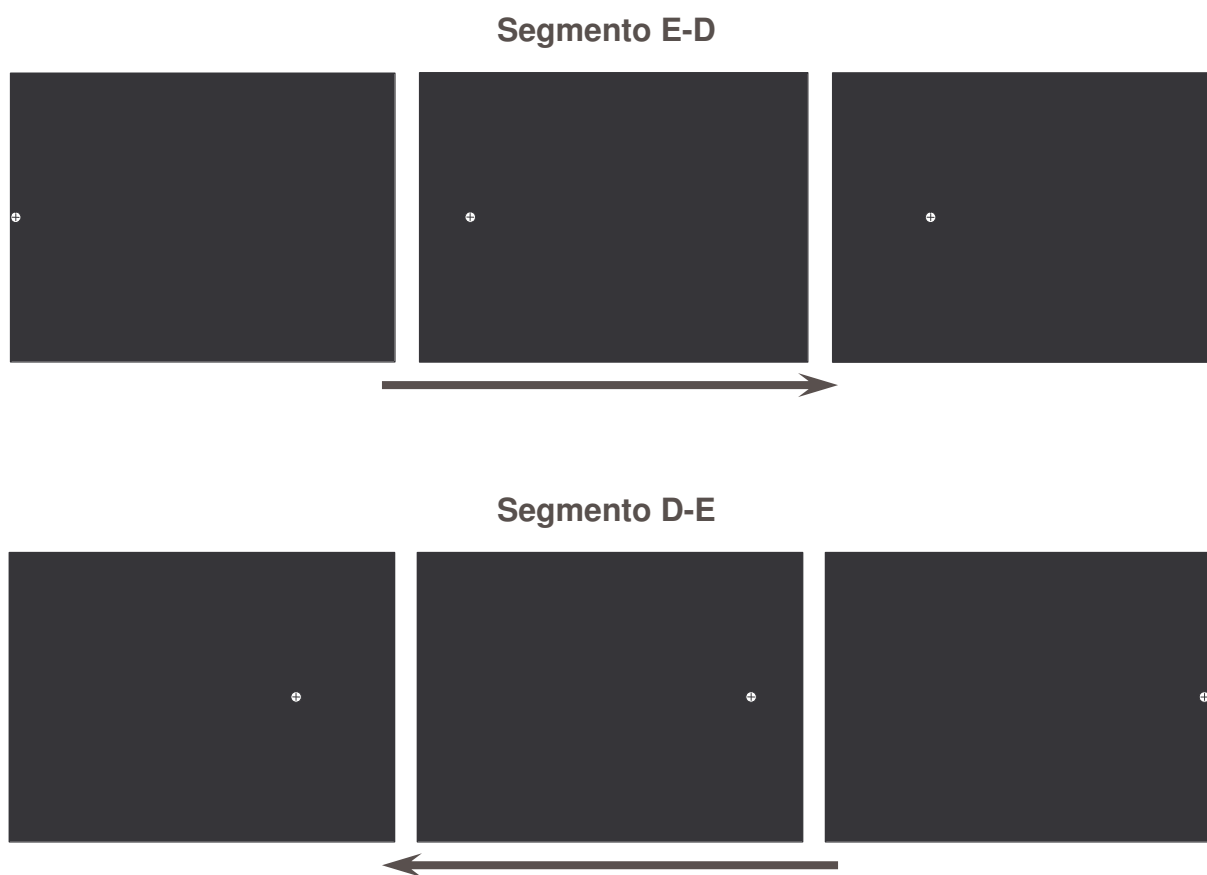


O alvo foi mostrado na horizontal (nos dois sentidos – Figura 5) em nove posições sequenciais e na vertical (nos dois sentidos – Figura 6) em sete posições sequenciais, com um intervalo de 1 segundo entre cada posição em ambas as situações.

²¹ Statistical Package for the Social Scienccies.

²² Esta é a matriz do alvo utilizado, onde se pode observar, em simultâneo, as 15 posições possíveis. Todos os pontos estão à escala. O ponto central foi ampliado para uma melhor observação dos pormenores.

Figura 5: Os três primeiros pontos dos segmentos horizontais²³

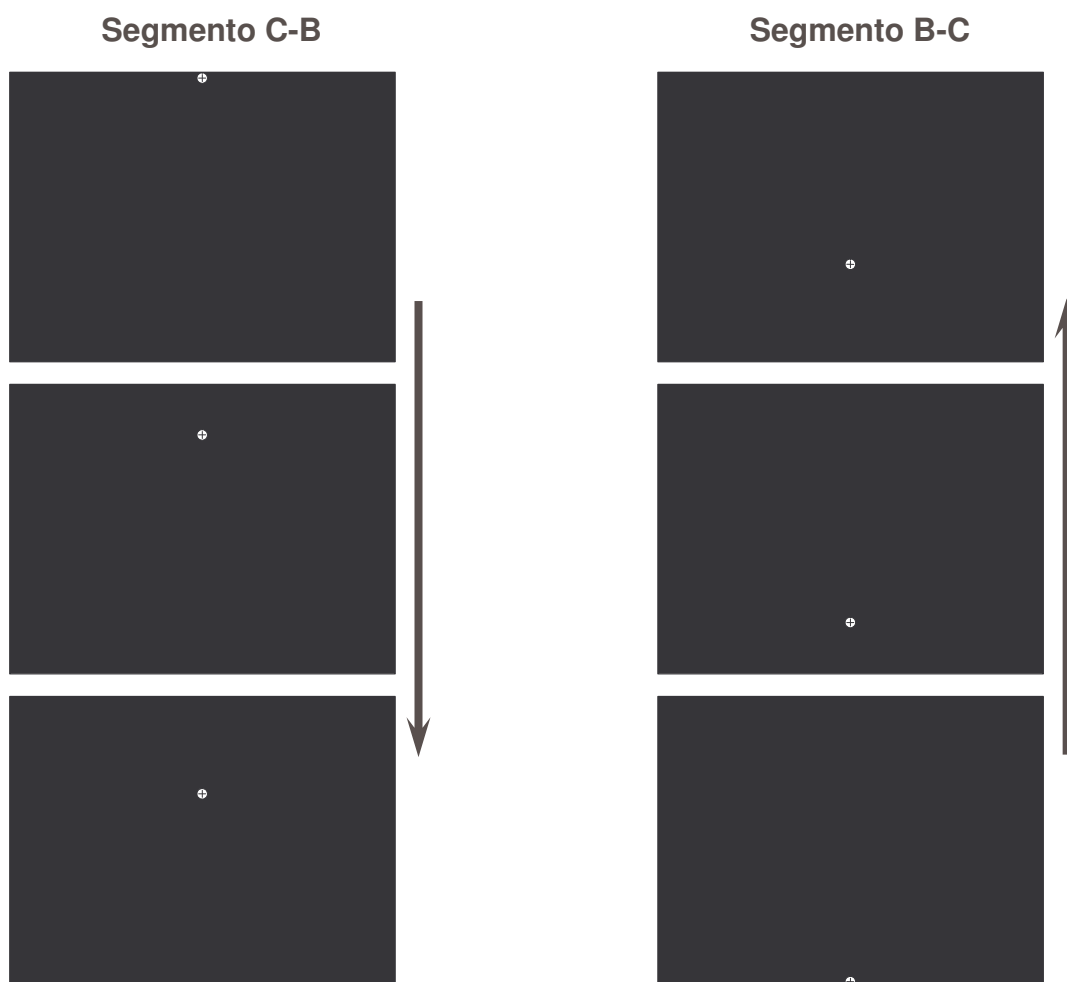


As coordenadas, em unidades de pesquisador visual (*eye tracker*), das nove posições apresentadas sequencialmente na horizontal e começando pelo ponto mais à esquerda foram (Anexo III): ponto 1 (5,122), ponto 2 (35,122), ponto 3 (66,122), ponto 4 (97,122), ponto 5 (127,122), ponto 6 (157,122), ponto 7 (187,122), ponto 8 (218,122), ponto 9 (248,122). Em relação às sete posições apresentadas sequencialmente na vertical, começando pelo ponto mais em cima, as coordenadas, em unidades de pesquisador visual (*eye tracker*), foram: ponto 1 (127,22), ponto 2 (127,55), ponto 3 (127,88), ponto 4 (127,122), ponto 5 (127,156), ponto 6 (127,189), ponto 7 (127,222).

Na concepção deste estímulo tivemos presente vários factores. Na tentativa de evitar o mais possível as interferências dos mecanismos relacionados com a

²³ Nas figuras 5 e 6, de modo a não se reduzir demasiado o tamanho das imagens, apenas exibimos os três primeiros pontos de cada um dos segmentos. Estes pontos foram ligeiramente ampliados, em relação ao original, de modo a facilitar a sua observação.

Figura 6: Os três primeiros pontos dos segmentos verticais



atenção visual, criámos um alvo de reduzidas dimensões, de alto contraste e com uma forma simples.

Como foi referido na revisão da literatura (pág. 40) os indivíduos com dificuldades na aprendizagem da leitura e escrita apresentam uma incidência elevada de insuficiências de convergência (Latvala et al., 1994), além disso, é referido também que a insuficiência de convergência pode ser uma séria limitação à aprendizagem (Mazow et al., 1989; Cooper et al., 1998). Deste modo, foi nossa decisão fazer a apresentação do alvo, na horizontal e na vertical, nos sentidos usuais para a leitura e escrita (da esquerda para a direita e de cima para baixo) e logicamente, por contra ponto, foram também utilizados os sentidos não usuais (da direita para a esquerda e de baixo para cima).

PROCEDIMENTO

O período de realização dos registos foi de quinze dias, tendo sido todos realizados no mesmo local, de modo a haver um controlo, o mais rigoroso possível, das condições ambientais, tais como iluminação e ruído.

Foram utilizadas duas salas dos laboratórios de Ortóptica da ESTeSL. Numa das salas foi realizada a observação das funções visuais que estiveram na base dos critérios de inclusão/exclusão (anteriormente referido). Na segunda sala foram realizados os registos no ASL-504 em ambiente mesópico, regulando-se o nível de iluminação através de um reóstato. Isto prende-se com o facto de prevenir o aparecimento de reflexos parasitas no local de observação do estímulo de fixação e também o de podermos obter diâmetros pupilares não demasiado pequenos, que poderiam ocorrer em situação de miose exagerada devido a uma intensidade luminosa ambiente, muito elevada.

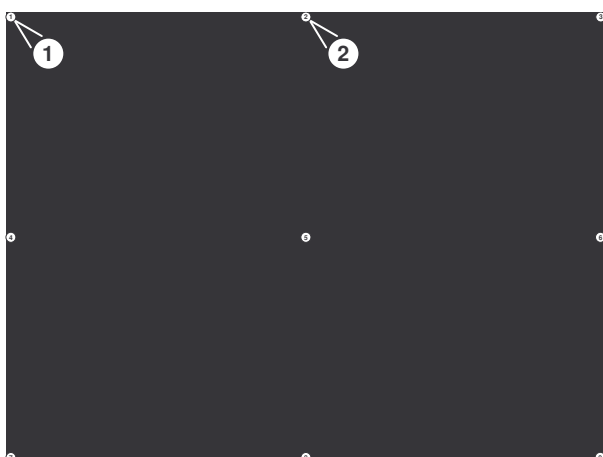
No início de cada sessão de registos o sistema era iniciado seguindo todos os procedimentos indicados no manual de instruções do ASL-504. Estas sessões foram executadas por um operador, sendo a totalidade dos registos realizada por dois operadores diferentes.

Para a realização de cada um dos registos, era solicitado ao indivíduo para entrar na sala, e seguidamente posicionado, numa cadeira, em frente ao monitor de computador, onde era apresentado o estímulo. De modo a permitir ao indivíduo colocar os pés no chão e manter a altura dos olhos no centro do ecrã, quer a cadeira quer a mesa onde estava colocado o monitor de computador, eram ajustáveis em altura, permitindo assim manter um posicionamento adequado da cabeça em relação à câmara do ASL-504.

Nos indivíduos que eram portadores de óculos, foi necessário proceder ao ajustamento da inclinação dos mesmos de modo a evitar a existência de reflexos parasitas que dificultem a focagem e a estabilidade do reflexo corneano, tendo como consequência uma menor fiabilidade do registo devido ao aparecimento de artefactos.

Após o correcto posicionamento do indivíduo, era-lhe explicado o desenrolar do exame e qual a sequência de aparecimento do estímulo, assim como qual o procedimento para a realização do processo de calibragem. Deste modo, tentámos

Figura 7: Os 9 pontos de calibração²⁴



evitar que os mecanismos relacionados com a atenção visual pudessem interferir nos registos.

A importância da manutenção da posição da cabeça de modo a não haver variações da distância desta em relação ao monitor e consequentemente à câmara do ASL-504, foi também realçada.

O objectivo da calibração é, através da apresentação de uma

sequência de, habitualmente, 9 pontos visíveis (Figura 7), cujas coordenadas (Anexo III) estão identificadas, em diversos ângulos de visão e em posições extremas do campo de visão do ecrã, fazer com que o sistema mediante determinadas condições (variam de indivíduo para indivíduo) consiga determinar correctamente as coordenadas da direcção do olhar. Todos os pontos devem estar numerados da esquerda para a direita, de 1 a 3 na linha de cima, 4 a 6 na linha média e de 7 a 9 na linha de baixo. Este processo é comum a quase todos os sistemas de pesquisa visual (*eye tracking*) deste tipo, sendo essencial na aquisição de um conjunto de dados fiáveis para sua posterior análise (Duchowslky, 2002).

Durante a calibração o indivíduo fixa sequencialmente cada um dos 9 pontos, quando solicitado, após o que é confirmado se o sistema identificava correctamente todos os pontos de calibração quando estes são fixados pelo indivíduo. No caso de haver algum desses pontos que não esteja a ser correctamente identificado, este ou estes são novamente sujeitos ao processo de calibração, até todos os 9 pontos serem detectados com precisão pelo sistema.

Seguidamente, é apresentado ao indivíduo um ecrã todo preto antes de se dar início às sequências de aparecimento do estímulo. Após o operador confirmar mais uma vez a estabilidade dos parâmetros (reflexo/diâmetro pupilar e reflexo corneano) e o correcto posicionamento do indivíduo, dá início à sequência de registo, começando por iniciar a gravação do primeiro segmento e só depois e em simultâneo, iniciar o aparecimento do alvo (horizontal, da esquerda para a direita) e

²⁴ Todos os 9 pontos de calibração estão representados à escala. Apenas ampliámos os pontos de calibração 1 e 2 para darmos uma ideia dos pormenores de cada ponto.

colocação no registo da marca de início com o número 1. Quando o estímulo desaparece após a última posição desta sequência é colocada a marca de fim com o número 2. Só depois é que se pára a gravação do segmento. Este processo é novamente repetido para os restantes três segmentos. É de salientar que, durante o decorrer da fase de registo, o operador deverá estar posicionado de modo a não só poder observar e controlar o sistema de aquisição dos dados, mas também o monitor de apresentação do alvo e o posicionamento do indivíduo.

Durante o processo de calibração e de execução do teste o indivíduo deve ser solicitado a pestanejar com relativa frequência, de modo a que se possa manter uma distribuição eficaz do filme lacrimal sobre a superfície da córnea, facilitando deste modo a obtenção de um reflexo corneano de qualidade.

Foram realizados, ao todo, 52 registos a indivíduos pertencentes aos dois grupos em estudo. O tempo de realização de cada registo variou entre os 12 e os 21 minutos, com uma média de 16 minutos.

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Considera-se que embora a amostra tenha uma dimensão que permite estabelecer a comparação entre os indivíduos com visão binocular normal e os indivíduos com insuficiência de convergência, não nos permitiu criar subgrupos consoante o estado dos diferentes parâmetros que caracterizam a insuficiência de convergência, nomeadamente a convergência para perto e o PPC.

Na construção do questionário de caracterização das queixas astenópicas foram utilizados critérios que decorreram da revisão da literatura. No entanto, o facto de ser um questionário que não está formalmente validado limitou a sua utilização à aplicação dos critérios de selecção da amostra.

RESULTADOS

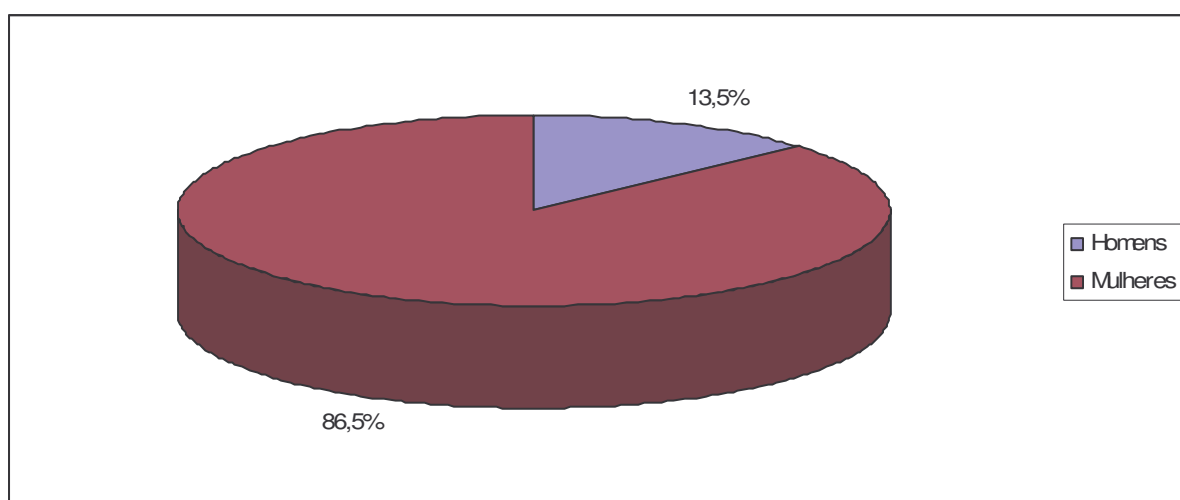
Iremos de seguida, apresentar os resultados relativos à nossa amostra, começando por realizar uma análise descritiva, em primeiro lugar das características da amostra e em segundo lugar dos componentes da direcção do olhar (Número de Fixações, Duração Média das Fixações, Média das Distâncias Inter-Fixações e Número de Inversões), utilizando para o efeito as potencialidades da folha de cálculo Microsoft Excel. Seguidamente apresentaremos, um estudo comparativo entre os indivíduos com visão binocular normal e os indivíduos com insuficiência de convergência, aplicando os testes específicos para a amostra em estudo. O programa de estatística utilizado para o efeito foi o SPSS versão 13.0.

CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA

Amostra Total

A amostra é composta por 52 indivíduos dos dois sexos (Figura 8), dos quais, 7 são homens (13,5%) e 45 são mulheres (86,5%).

Figura 8: Amostra total (sexo)



A idade dos indivíduos está compreendida entre os 18 e os 23 anos, sendo a média das idades de 20,2 anos com um desvio padrão de 1,5 (Tabela 1).

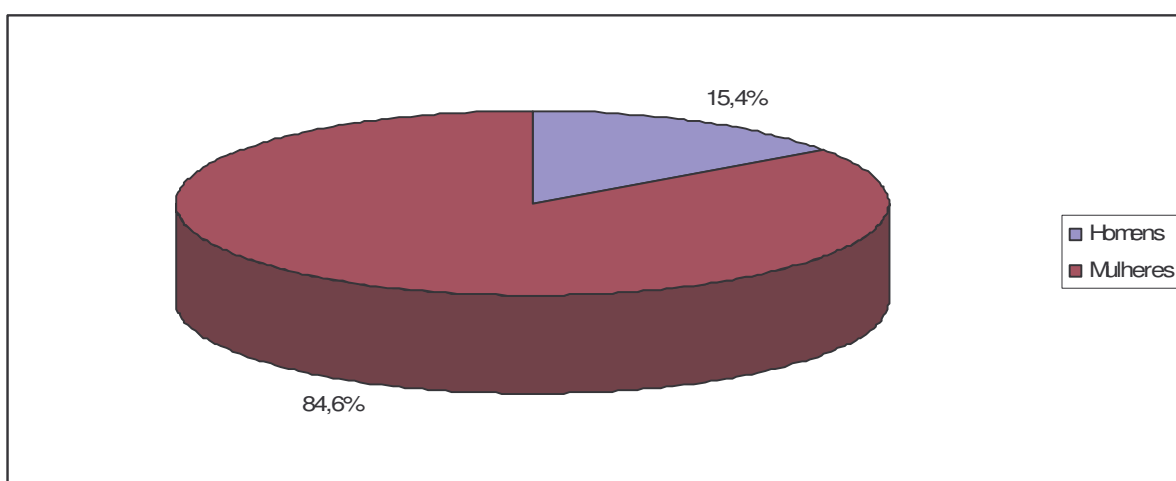
Tabela 1: Amostra total

	Número	Porcentagem	Idade		
			Média	Desvio Padrão	Amplitude
Homens	7	13,5%	20,4	1,8	18 - 23
Mulheres	45	86,5%	20,2	1,4	18 - 23
Total	52	100%	20,2	1,5	18 - 23

Visão Binocular Normal

O grupo de indivíduos com visão binocular normal é composto por 26 elementos dos dois sexos (Figura 9), sendo que, 4 são homens (15,4%) e 22 são mulheres (84,6%).

Figura 9: Visão binocular normal (sexo)



A idade dos indivíduos está compreendida entre os 18 e os 23 anos, sendo a média das idades de 20,4 anos com um desvio padrão de 1,4 (Tabela 2).

Tabela 2: Visão binocular normal (idade)

	Número	Porcentagem	Idade		
			Média	Desvio Padrão	Amplitude
Homens	4	15,4%	21,8	1,0	18 - 23
Mulheres	22	84,6%	20,2	1,4	18 - 23
Total	26	100%	20,4	1,4	18 - 23

Insuficiência de Convergência

O grupo de indivíduos com insuficiência de convergência é composto por 26 elementos dos dois sexos (Figura 10), sendo que, 3 são homens (11,5%) e 23 são mulheres (88,5%).

Figura 10: Insuficiência de convergência (sexo)

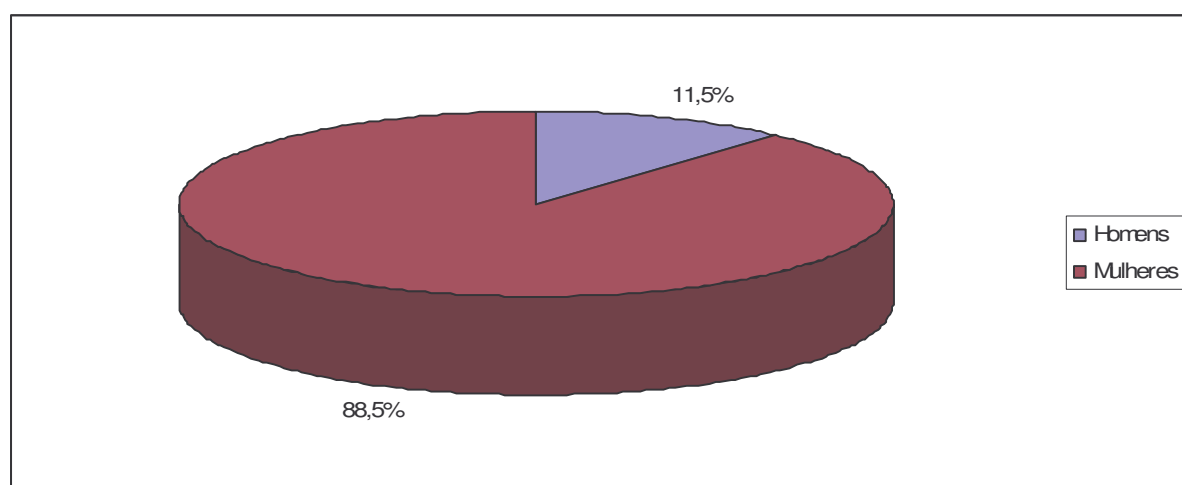


Tabela 3: Insuficiência de convergência (idade)

	Número	Porcentagem	Idade		
			Média	Desvio Padrão	Amplitude
Homens	3	11,5%	18,7	0,6	18 - 19
Mulheres	23	88,5%	20,2	1,5	18 - 23
Total	26	100%	20,0	1,5	18 - 23

A idade dos indivíduos está compreendida entre os 18 e os 23 anos, sendo a média das idades de 20,0 anos com um desvio padrão de 1,5 (Tabela 3).

Correcção óptica

Foi entendido como correcção óptica o tipo (ou inexistência) de correcção usado pelos indivíduos durante a realização dos registos. A análise da amostra total (Figura 11), mostrou que, 35 (67,3%) dos indivíduos não tinha correcção óptica, 12 (23,1%) usavam óculos e 5 (9,6%) eram portadores de lentes de contacto.

Figura 11: Correcção óptica (amostra total)

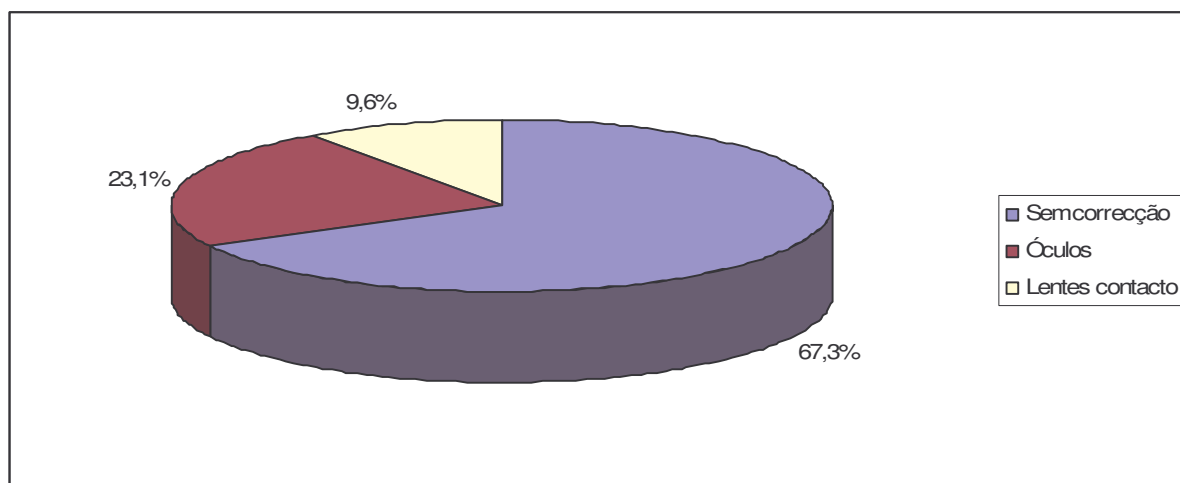
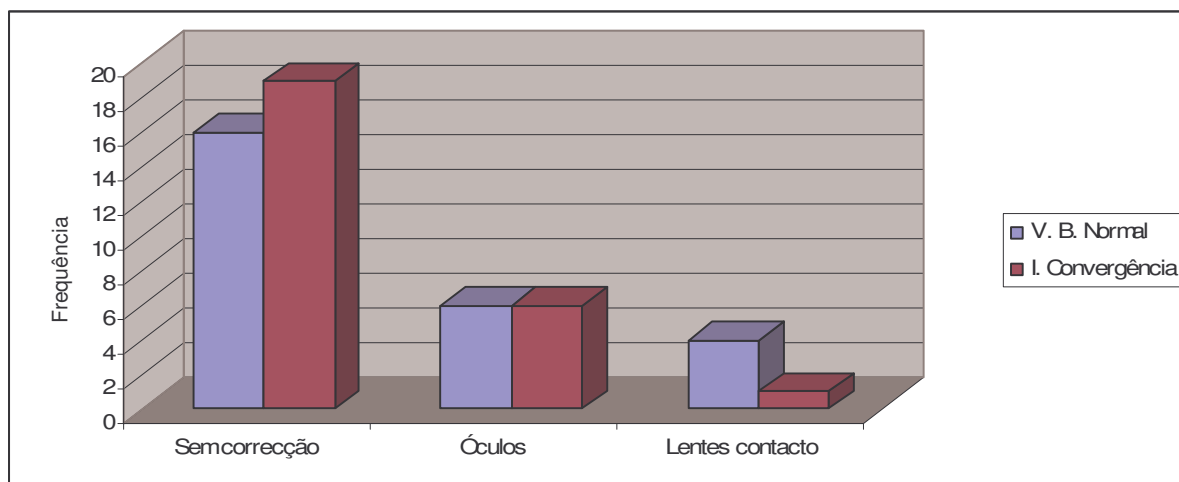


Figura 12: Correcção óptica (visão binocular normal/insuficiência de convergência)

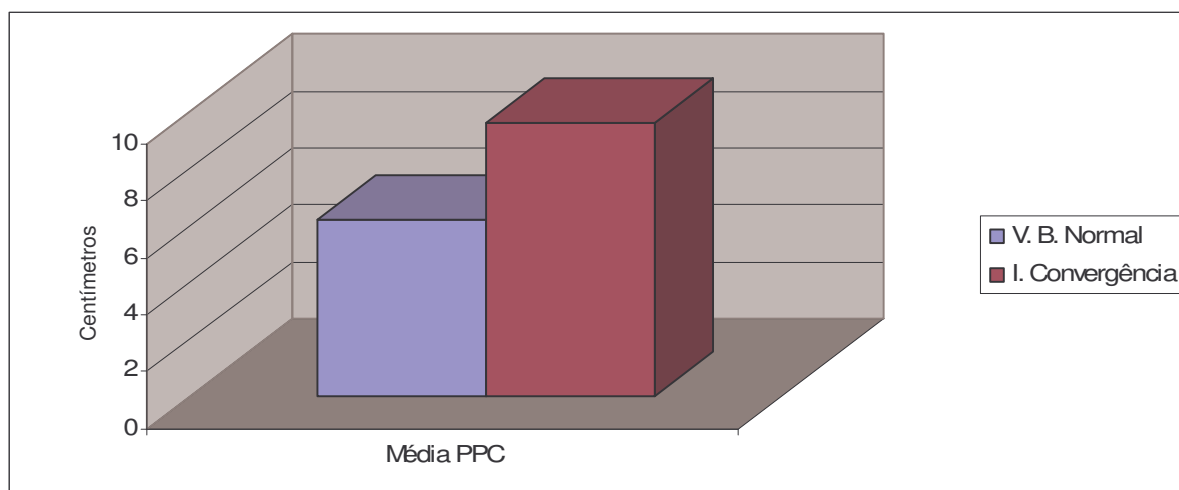


Analisando separadamente os dois grupos em estudo (visão binocular normal/insuficiência de convergência), podemos observar, na Figura 12, que no grupo dos indivíduos com visão binocular normal, 61,5% não usavam correção óptica, 23,1% tinham óculos e 15,4% usavam lentes de contacto. No grupo dos indivíduos com insuficiência de convergência, 73,1% não usavam correção óptica, 23,1% tinham óculos e 3,8% usavam lentes de contacto.

Ponto próximo de convergência

O ponto próximo de convergência foi um dos parâmetros utilizados para a selecção da amostra e por isso, importante para a sua caracterização. A nossa análise revelou que o grupo com visão binocular normal apresentou uma média de 6,2cm, sendo este valor de 9,6cm para o grupo com insuficiência de convergência (Figura 13).

Figura 13: Ponto próximo de convergência (visão binocular normal/insuficiência de convergência)



O valor máximo apurado foi de 10cm para o grupo com visão binocular normal e de 20cm para o grupo com insuficiência de convergência com um desvio padrão de 0,9 e 3,6 respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4: Ponto próximo de convergência (visão binocular normal/insuficiência de convergência)

Grupos	Número	Ponto Próximo de convergência		
		Média	Desvio Padrão	Amplitude
Visão binocular normal	26	6,2	0,9	6 - 10
Insuficiência de convergência	26	9,6	3,6	6 - 20

Convergência para perto (C')

As médias encontradas para a convergência para perto (Figura 14) foram de 31,9^Δ para o grupo com visão binocular normal e 16,8^Δ para o grupo com insuficiência de convergência.

Figura 14: Convergência para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência)

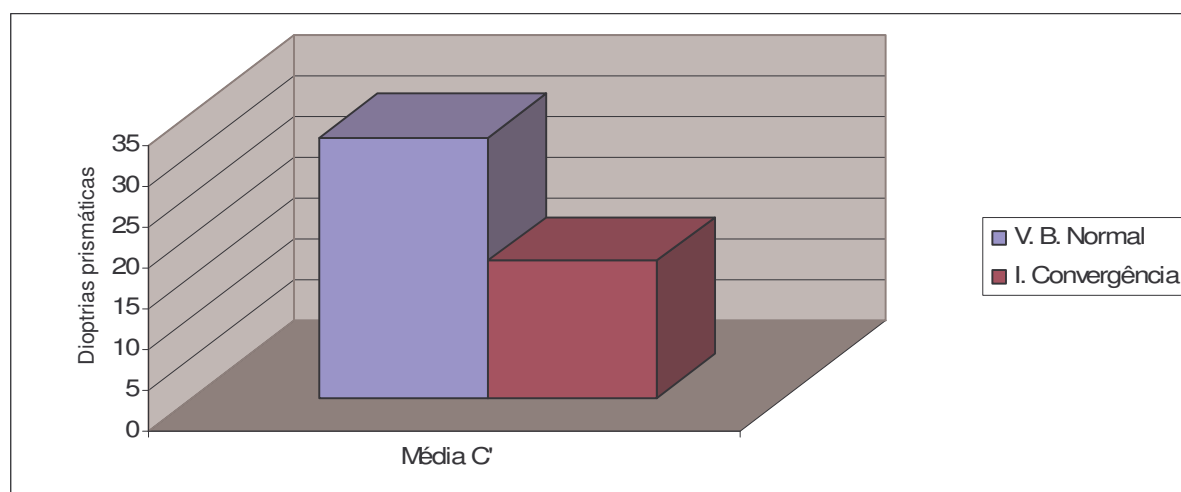


Tabela 5: Convergência para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência)

Grupos	Número	Convergência para perto		
		Média	Desvio Padrão	Amplitude
Visão binocular normal	26	31,9	7,7	20 - 40
Insuficiência de convergência	26	16,8	6,4	6 - 35

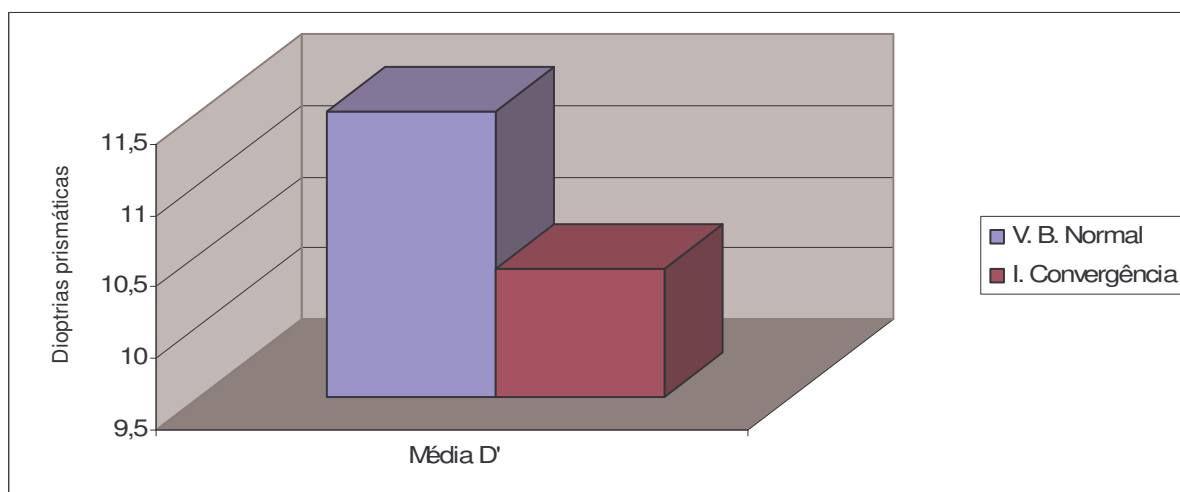
Observando a Tabela 5, podemos verificar que as amplitudes variaram entre 20^{Δ} e 40^{Δ} para o grupo com visão binocular normal e 6^{Δ} e 35^{Δ} para o grupo com insuficiência de convergência.

O desvio padrão no grupo com visão binocular normal foi de 7,7 e de 6,4 para o grupo com insuficiência de convergência, apresentando os dois grupos valores mínimos de 20^{Δ} e 6^{Δ} respectivamente.

Divergência para perto (D')

Na divergência para perto (Figura 15) as médias apresentadas foram de $11,5^{\Delta}$ e $10,4^{\Delta}$ para o grupo com visão binocular normal e para o grupo com insuficiência de convergência respectivamente.

Figura 15: Divergência para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência)



Na Tabela 6 podemos ver que as amplitudes variaram entre 4^{Δ} e 20^{Δ} para o grupo com visão binocular normal, e 2^{Δ} e 18^{Δ} para o grupo com insuficiência de convergência.

O desvio padrão situou-se nos 3,9 e 4,3 para o grupo com visão binocular normal e para o grupo com insuficiência de convergência respectivamente.

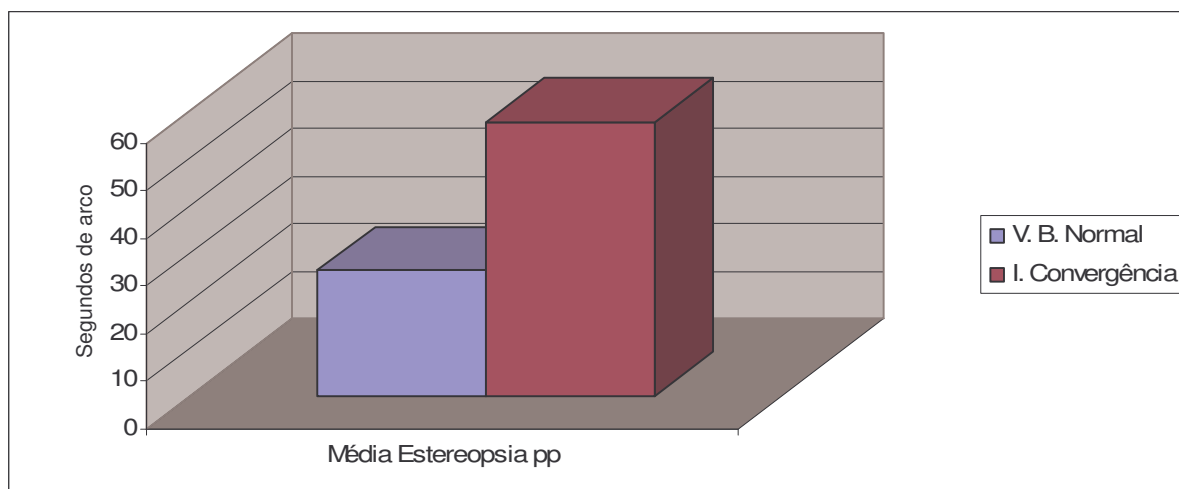
Tabela 6: Divergência para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência)

Grupos	Número	Divergência para perto		
		Média	Desvio Padrão	Amplitude
Visão binocular normal	26	11,5	3,9	4 - 20
Insuficiência de convergência	26	10,4	4,3	2 - 18

Estereopsia para perto

As médias calculadas na estereopsia para perto foram de 26,3" para o grupo com visão binocular normal e 57,7" para o grupo com insuficiência de convergência (Figura 16).

Figura 16: Estereopsia para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência)



O valor do desvio padrão apurado foi de 7,9 para o grupo com visão binocular normal e de 46,0 para o grupo com insuficiência de convergência sendo que, os valores de estereopsia mais fraca registada, em cada grupo, foram 50" e 240" respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7: Estereopsia para perto (visão binocular normal/insuficiência de convergência)

Grupos	Número	Estereopsia para perto		
		Média	Desvio Padrão	Amplitude
Visão binocular normal	26	26,3	7,9	15 - 50
Insuficiência de convergência	26	57,7	46,0	20 - 240

ANÁLISE DESCRITIVA – DIRECÇÃO DO OLHAR

Como já foi referido anteriormente, neste trabalho estudámos a direcção do olhar através de quatro componentes (Número de Fixações, Duração Média das Fixações, Média das Distâncias Inter-Fixações e Número de Inversões). Deste modo, iremos apresentar os resultados separadamente para cada uma das variáveis (componentes) nos quatro segmentos testados, da esquerda para a direita (E-D), da direita para a esquerda (D-E), de cima para baixo (C-B) e de baixo para cima (B-C). Apresentamos também, como complemento, gráficos de caixas (*box plot*), observando a mediana e os quartis.

O grupo formado pelos indivíduos com visão binocular normal, será designado por GVBN e o grupo formado pelos indivíduos com insuficiência de convergência, será designado por GIC.

Número de Fixações

Na Tabela 8 podemos observar os valores obtidos (mínimo, máximo, média e desvio padrão) na variável Número de Fixações em cada uma das situações de teste, para cada um dos grupos em estudo (visão binocular normal e insuficiência de convergência).

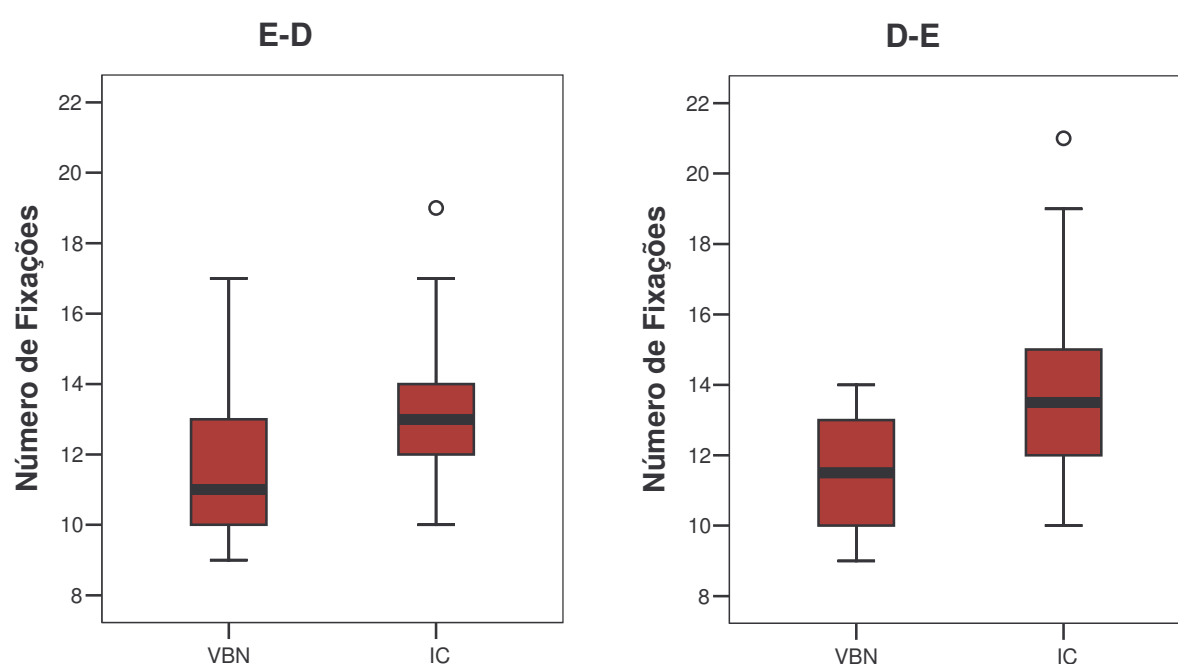
A média do Número de Fixações foi sempre, em todos os segmentos, mais baixa no GVBN do que no GIC, apresentando diferenciais de 1,69 da E-D, 2,42 da D-E, 1,57 de C-B e 1,27 de B-C. O valor mais alto foi encontrado no GIC no segmento D-E com 21 fixações. Salientamos ainda que todos os valores mínimos

Tabela 8: Número de Fixações - Visão binocular normal(VBN)/Insuficiência de convergência(IC)

Variável Número de Fixações					
Segmento	Grupo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
E-D	VBN	9,00	17,00	11,35	2,00
	IC	10,00	19,00	13,04	2,05
D-E	VBN	9,00	14,00	11,54	1,68
	IC	10,00	21,00	13,96	2,58
C-B	VBN	7,00	14,00	9,81	1,70
	IC	8,00	17,00	11,38	1,96
B-C	VBN	7,00	15,00	10,73	2,24
	IC	7,00	16,00	12,00	2,23

registados no GVBN foram de 9 fixações nos segmentos E-D e D-E e de 7 fixações nos segmentos C-B e B-C, valores estes iguais ao número de pontos utilizados no teste, nos segmentos horizontais e verticais respectivamente. Relativamente ao desvio padrão não se registaram diferenças apreciáveis entre os dois grupos em estudo, com excepção do segmento D-E, onde o diferencial entre os dois grupos atingiu os 0,9.

Figura 17:Gráfico de caixas - Número de Fixações (E-D e D-E)



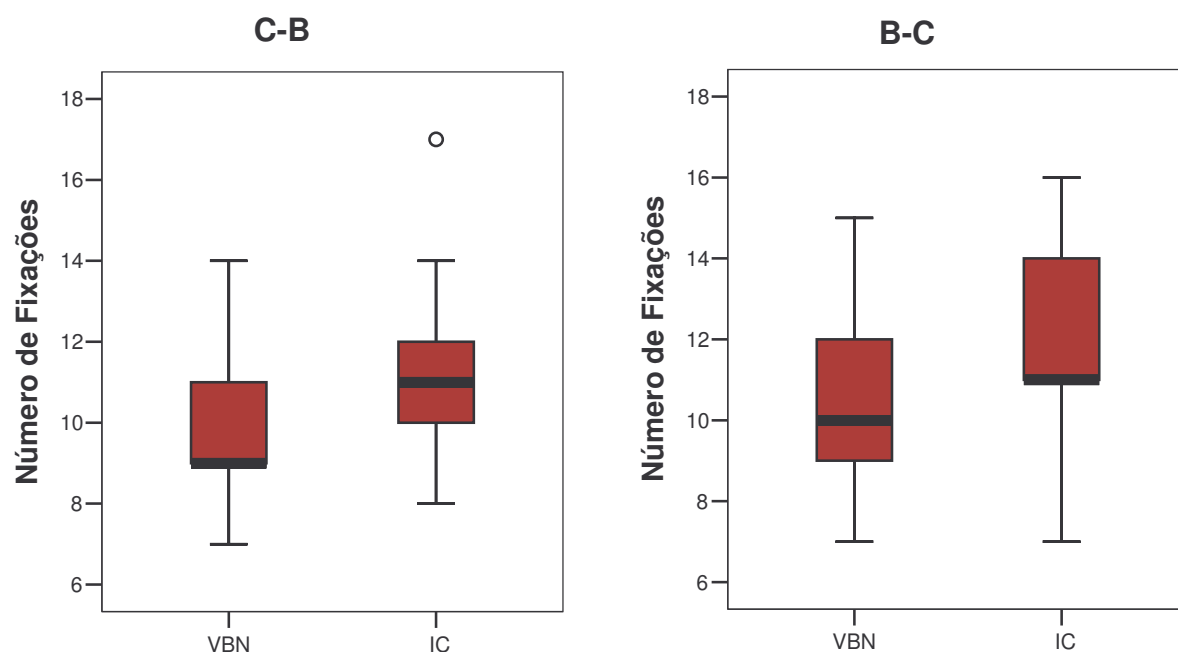
Analisando o gráfico de caixas para o Número de Fixações nos segmentos E-D e D-E (Figura 17), verifica-se que o valor da mediana é de 11 (E-D) e 11,5 (D-E) para o GVBN e para o GIC é de 13 (E-D) e 13,5 (D-E).

Em relação ao segmento E-D, 50% dos indivíduos do GIC apresentam mais de 13 fixações, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm mais de 13 fixações.

No segmento D-E, 50% dos indivíduos do GIC apresentam mais de 13,5 fixações, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm mais de 13 fixações.

Os valores da mediana para os segmentos C-B e B-C (Figura 18) são menores para o GVBN com 9 (C-B) e 10 (B-C) do que no GIC com 11 nos dois segmentos.

Figura 18: Gráfico de caixas - Número de Fixações (C-B e B-C)



No GIC 50% dos indivíduos apresentam mais de 11 fixações, no segmento C-B, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm mais de 11 fixações no mesmo segmento.

No segmento D-E, 50% dos indivíduos do GIC apresentam mais de 11 fixações, enquanto que no GVBN 25% dos indivíduos têm mais de 12 fixações.

Duração Média das Fixações

A Duração Média das Fixações (Tabela 9) foi sempre maior, em média, no GVBN do que no GIC em todos os segmentos estudados. O diferencial entre os dois grupos, apresentou o seu valor mais alto (0,13) no segmento D-E e o valor mais baixo (0,07) foi registado no segmento B-C. O valor mais alto, de 1,01 segundos, foi obtido no GVBN da E-D e o valor mais baixo, de 0,35 segundos, foi obtido no GIC de C-B.

Os valores do desvio padrão não apresentaram variações consideráveis, quer entre os dois grupos em estudo, quer mesmo entre os diferentes segmentos.

Tabela 9: Duração Média das Fixações - Visão binocular normal (VBN)/Insuficiência de convergência (IC)

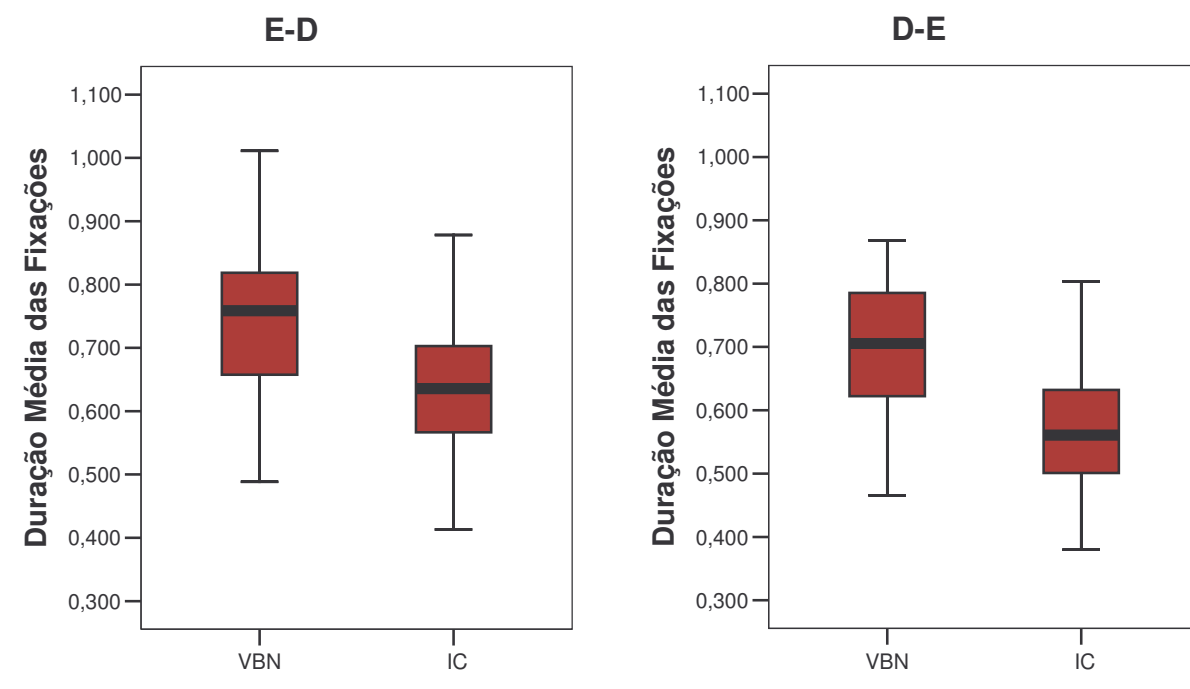
Variável Duração Média das Fixações					
Segmento	Grupo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
E-D	VBN	0,49	1,01	0,73	0,12
	IC	0,41	0,88	0,64	0,11
D-E	VBN	0,47	0,87	0,70	0,11
	IC	0,38	0,80	0,57	0,11
C-B	VBN	0,45	0,88	0,68	0,12
	IC	0,35	0,84	0,58	0,11
B-C	VBN	0,36	0,92	0,62	0,15
	IC	0,40	0,94	0,55	0,12

Através da análise do gráfico de caixas para a Duração Média das Fixações nos segmentos E-D e D-E (Figura 19), verifica-se que o valor da mediana é de 0,758 (E-D) e 0,706 (D-E) para o GVBN e para o GIC é de 0,635 (E-D) e 0,561 (D-E).

Relativamente ao segmento E-D, 50% dos indivíduos do GIC apresentam uma Duração Média das Fixações inferior a 0,635 segundos, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm valores inferiores a 0,658 segundos.

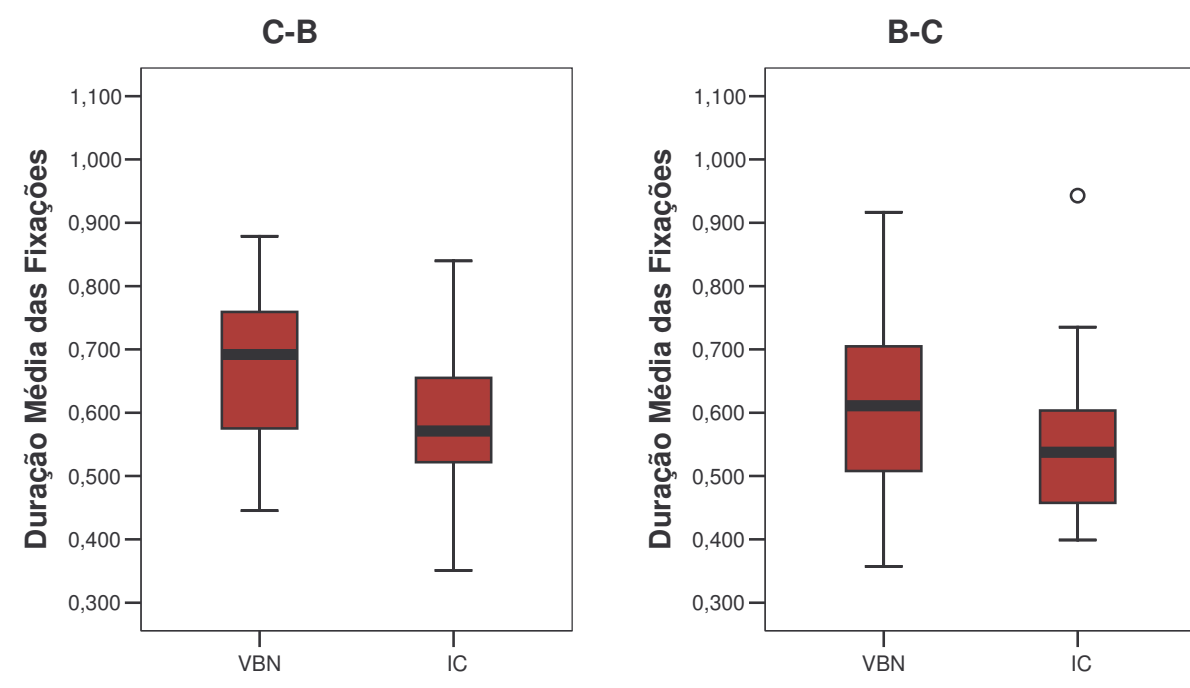
No segmento D-E, 50% dos indivíduos do GIC apresentam uma Duração Média das Fixações inferior a 0,561 segundos, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm valores inferiores a 0,622 segundos.

Figura 19: Gráfico de caixas - Duração Média das Fixações (E-D e D-E)



Na Figura 20, podemos observar que os valores da mediana para os segmentos C-B e B-C são maiores para o GVBN com 0,692 (C-B) e 0,611 (B-C) do que no GIC com 0,571 (C-B) e 0,538 (B-C).

Figura 20: Gráfico de caixas - Duração Média das Fixações (C-B e B-C)



No GIC 50% dos indivíduos apresentam uma Duração Média das Fixações inferior a 0,571 segundos, no segmento C-B, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm valores inferiores a 0,575 segundos, para o mesmo segmento. Já em relação ao segmento B-C, 50% dos indivíduos do GIC apresentam uma Duração Média das Fixações inferior a 0,538 segundos, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm valores inferiores a 0,508 segundos.

Média das Distâncias Inter-Fixações

Relativamente à variável Média das Distâncias Inter-Fixações (Tabela 10) os valores revelaram que a média foi sempre mais alta no GVBN do que no GIC em todos os segmentos estudados. O diferencial entre os dois grupos, apresentou o seu valor mais alto (0,43) no segmento C-B e o valor mais baixo (0,10) foi registado no segmento D-E. O GVBN registou o valor mais alto (4,78 graus) no segmento B-C e o valor mais baixo (1,82 graus) foi obtido no GIC no segmento D-E. Mais uma vez, os valores do desvio padrão não apresentaram variações consideráveis, com excepção do segmento B-C em que os dois grupos apresentam valores mais elevados (cerca de 0,2) relativamente aos outros segmentos.

Tabela 10: Média das Distâncias Inter-Fixações - Visão binocular normal (VBN)/Insuficiência de convergência (IC)

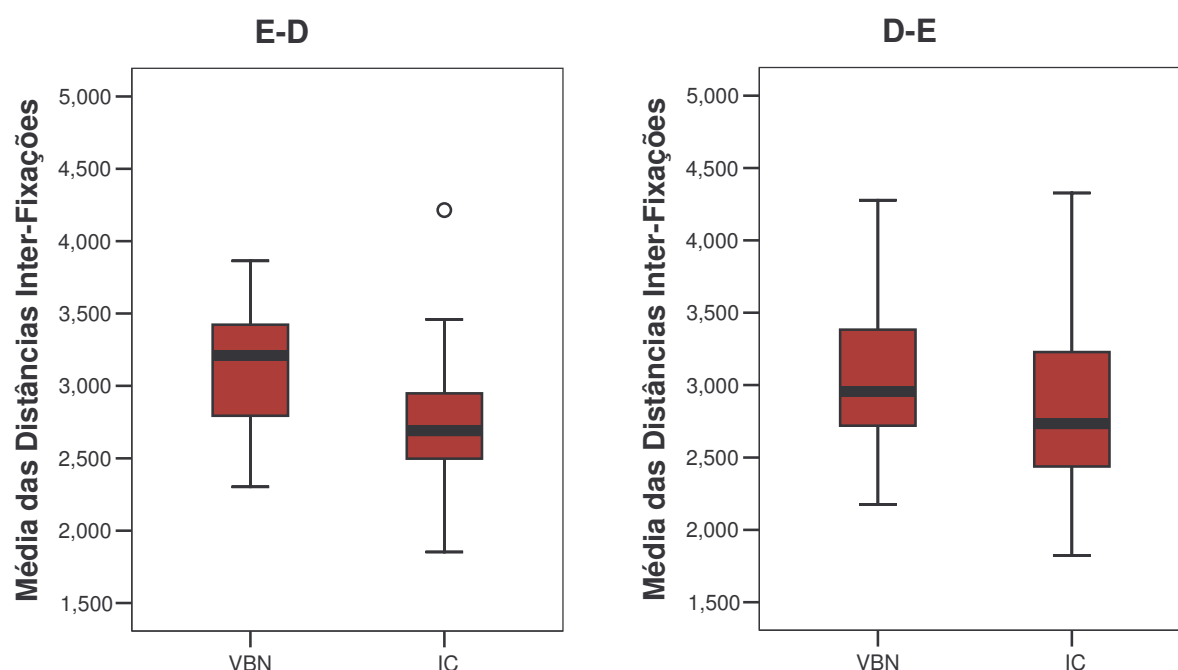
Variável Média das Distâncias Inter-Fixações					
Segmento	Grupo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
E-D	VBN	2,30	3,86	3,10	0,45
	IC	1,85	4,21	2,74	0,50
D-E	VBN	2,18	4,28	3,04	0,51
	IC	1,82	4,33	2,94	0,69
C-B	VBN	2,24	4,51	3,33	0,55
	IC	1,94	3,75	2,90	0,47
B-C	VBN	2,06	4,78	3,08	0,74
	IC	2,01	4,51	2,77	0,71

O gráfico de caixas para a Média das Distâncias Inter-Fixações nos segmentos E-D e D-E (Figura 21), mostra-nos que o valor da mediana é de 3,211 (E-D) e 2,955 (D-E) para o GVBN e para o GIC é de 2,689 (E-D) e 2,733 (D-E).

Uma observação mais detalhada de cada segmento mostra-nos que para o segmento E-D, 50% dos indivíduos do GIC apresentam uma Média das Distâncias Inter-Fixações inferior a 2,689 graus, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm valores inferiores a 2,794 graus.

O mesmo tipo de relação, embora não tão acentuada, verifica-se no segmento D-E onde 50% dos indivíduos do GIC apresentam uma Duração Média das Fixações inferior a 2,733 graus, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm valores inferiores a 2,719 graus.

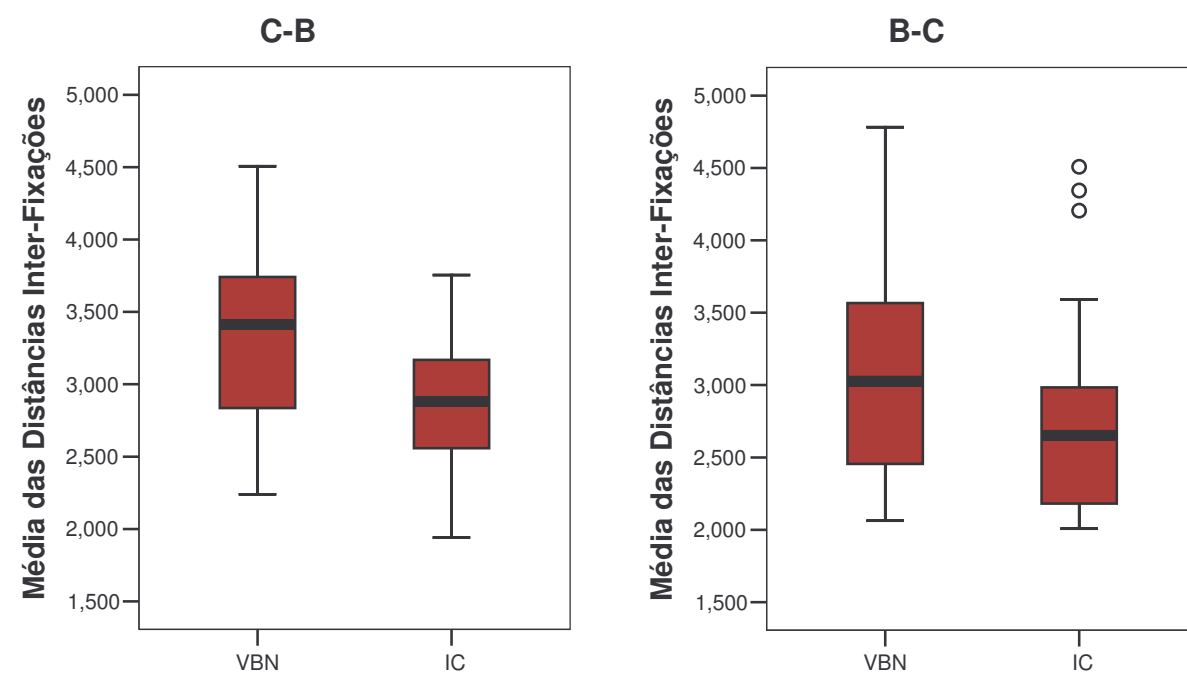
Figura 21: Gráfico de caixas - Média das Distâncias Inter-Fixações (E-D e D-E)



Em relação aos segmentos C-B e B-C (Figura 22), podemos observar que os valores da mediana são maiores para o GVBN com 3,413 (C-B) e 3,026 (B-C) do que no GIC com 2,879 (C-B) e 2,653 (B-C).

No GIC 50% dos indivíduos apresentam uma Média das Distâncias Inter-Fixações inferior a 2,879 graus, no segmento C-B, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm valores inferiores a 2,835 graus, para o mesmo segmento.

Figura 22: Gráfico de caixas - Média das Distâncias Inter-Fixações (C-B e B-C)



Em relação ao segmento B-C, 50% dos indivíduos do GIC apresentam uma Média das Distâncias Inter-Fixações inferior a 2,653 graus, enquanto que no GVBN 25% dos indivíduos têm valores inferiores a 2,455 graus.

Número de Inversões

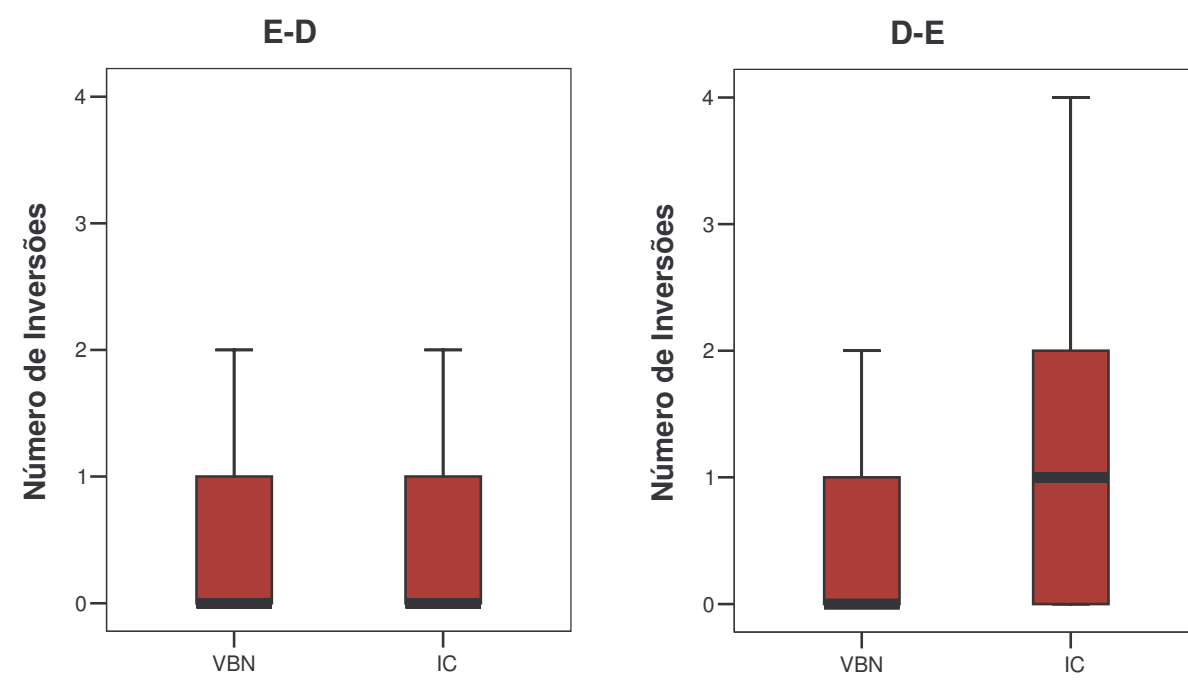
Em relação ao Número de Inversões (Tabela 11) verificou-se que a média foi sempre mais elevada no GIC do que no GVBN, em todos os segmentos estudados. O diferencial mais elevado foi registado no segmento D-E com um valor de 0,77 e o diferencial mais baixo foi obtido no segmento B-C com um valor de 0,15. O número máximo de inversões foi observado no segmento C-B com 5 inversões, pertencendo este valor ao GIC. Os valores do desvio padrão, ao contrário das variáveis anteriores, apresentaram algumas variações, sendo no entanto mais elevados no GIC em todos os segmentos.

Tabela 11: Número de Inversões - Visão binocular normal (VBN)/Insuficiência de convergência(IC)

Variável Número de Inversões					
Segmento	Grupo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
E-D	VBN	0,00	2,00	0,35	0,63
	IC	0,00	2,00	0,54	0,76
D-E	VBN	0,00	2,00	0,38	0,57
	IC	0,00	4,00	1,15	1,35
C-B	VBN	0,00	3,00	0,77	0,76
	IC	0,00	5,00	1,23	1,45
B-C	VBN	0,00	2,00	0,54	0,65
	IC	0,00	4,00	0,69	1,23

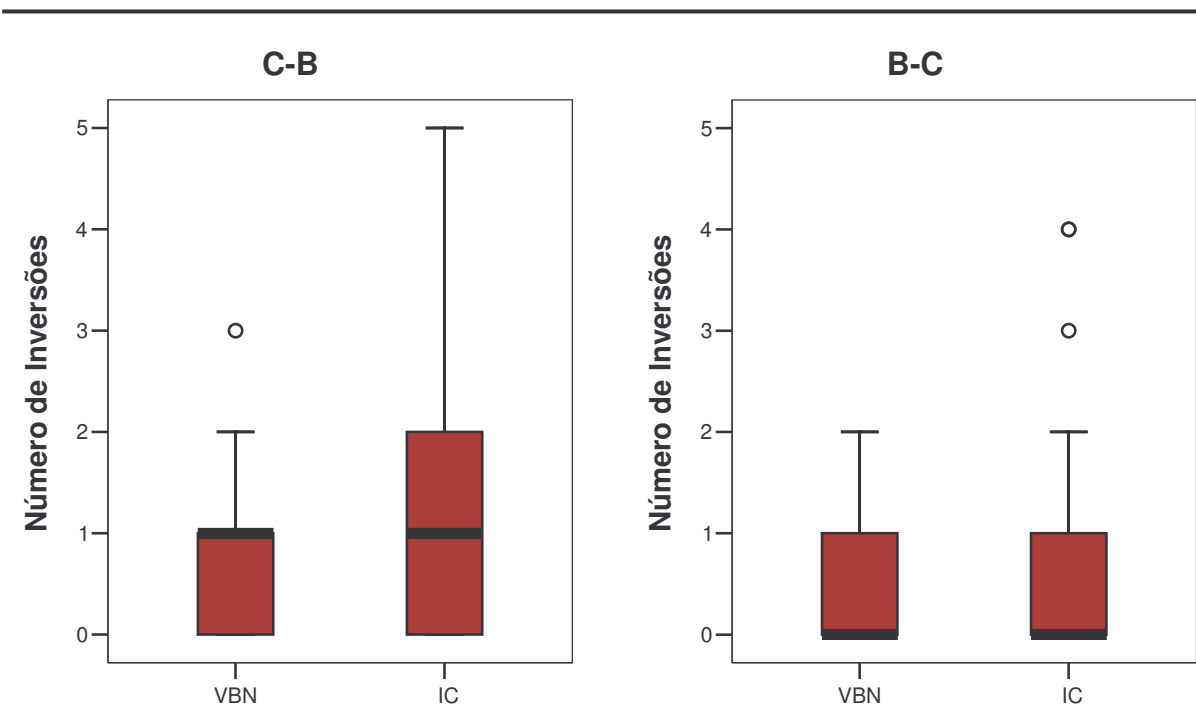
A análise do gráfico de caixas para o Número de Inversões, nos segmentos E-D e D-E (Figura 23), revela-nos que o valor da mediana é de 0 (E-D) e 0 (D-E) para o GVBN e para o GIC é de 0 (E-D) e 1 (D-E).

Figura 23: Gráfico de caixas - Número de Inversões (E-D e D-E)



No segmento D-E, 50% dos indivíduos do GIC apresentam mais de 1 inversão, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm mais de 1 inversão (Figura 23).

Figura 24: Gráfico de caixas - Número de Inversões (C-B e B-C)



Os valores da mediana para os segmentos C-B e B-C (Figura 24) são iguais nos dois grupos com 1 (C-B) e 0 (B-C) respectivamente.

No segmento C-B, 50% dos indivíduos do GIC apresentam mais de 1 inversão, enquanto que no GVBN só 25% dos indivíduos têm mais de 1 inversão.

ESTUDO COMPARATIVO – DIRECÇÃO DO OLHAR

Em seguida vamos analisar pormenorizadamente as diferenças entre os dois grupos em estudo, para cada uma das variáveis e nos seus quatro segmentos. Para o conseguirmos, efectuámos testes para comparação dos valores médios, tendo esta análise por objectivo, dar resposta às hipóteses de trabalho colocadas anteriormente (ver pág. 59). Deste modo, uma vez que a dimensão da amostra é

inferior a 30, verificámos inicialmente a normalidade dos dados, nas variáveis Duração Média das Fixações e Média das Distâncias Inter-Fixações, usando para o efeito os testes de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors e Shapiro-Wilk, (nível de significância $p < 0,1$) de modo a podermos seleccionar o teste mais adequado.

Sempre que se verificou uma distribuição normal dos dados, aplicou-se o teste paramétrico T-Student para comparar dois grupos. Quando essa normalidade não se verificou, utilizou-se o teste não paramétrico Mann-Whitney para comparar dois grupos.

Relativamente às variáveis Número de Fixações e Número de Inversões, uma vez que são variáveis quantitativas do tipo ordinal não sequencial, optou-se por aplicar o teste não paramétrico Mann-Whitney para comparar dois grupos.

O nível de significância, para os testes T-Student e Mann-Whitney aplicados neste estudo foi de 5% ($p \leq 0,05$).

Número de Fixações

Devido às suas características, como foi referido anteriormente, para a variável Número de Fixações aplicou-se o teste Mann-Whitney para se saber se existem diferenças significativas entre as distribuições das duas amostras independentes.

Para responder à hipótese de trabalho H_1 (ver pág. 59) teremos então que considerar:

$H_{0.1}$ – A distribuição do Número de Fixações para o GVBN e para o GIC, é idêntica.

Vs

$H_{1.1}$ – A distribuição do Número de Fixações para o GVBN e para o GIC, não é idêntica.

Analisando a Tabela 12, constata-se que existem diferenças significativas na média do Número de Fixações entre os dois grupos, uma vez que os valores de p, nos diferentes segmentos, são iguais a 0,003 (E-D), 0,000 (D-E), 0,002 (C-B) e

Tabela 12: Teste de Mann-Whitney para o Número de Fixações

Variável Número de Fixações				
Segmento	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig.(2-tailed)
E-D	175,000	526,000	-3,023	0,003
D-E	147,500	498,500	-3,520	0,000
C-B	170,000	521,000	-3,124	0,002
B-C	227,500	578,500	-2,046	0,041

0,041 (B-C), portanto, todos esses valores são inferiores ao do nível de significância previamente estabelecido ($p \leq 0,05$). Assim sendo, rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que existem diferenças significativas entre as médias dos dois grupos, para o Número de Fixações, o que nos pode levar a dizer que em termos de Direcção do Olhar, na nossa amostra, os indivíduos com visão binocular normal e os indivíduos com insuficiência de convergência, apresentam diferenças significativas, relativamente ao Número de Fixações.

Duração Média das Fixações

A Tabela 13, a seguir representada, avalia a normalidade da distribuição da variável Duração Média das Fixações, através da aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors e Shapiro-Wilk.

Através da análise dos resultados do teste de normalidade, podemos concluir que esta variável segue uma distribuição normal para todos os segmentos, nos dois grupos, com excepção do segmento B-C no GVBN. Neste caso, e de modo a sabermos se existem diferenças significativas entre as médias das duas amostras independentes, realizámos o teste paramétrico T-Student para comparar dois

grupos, nos segmentos E-D, D-E e C-B. Para o segmento B-C utilizou-se o teste não paramétrico Mann-Whitney para comparar dois grupos.

Tabela 13: Teste de normalidade para a Duração Média das Fixações

		Variável Duração Média das Fixações					
Segmento	Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
E-D	VBN	0,111	26	0,200*	0,980	26	0,878
	IC	0,082	26	0,200*	0,983	26	0,928
D-E	VBN	0,133	26	0,200*	0,944	26	0,171
	IC	0,112	26	0,200*	0,981	26	0,903
C-B	VBN	0,101	26	0,200*	0,968	26	0,572
	IC	0,083	26	0,200*	0,990	26	0,995
B-C	VBN	0,100	26	0,200*	0,969	26	0,008
	IC	0,134	26	0,200*	0,885	26	0,602

* Isto é o limite inferior para a verdadeira significância.

a Correção da significância de Lilliefors

Para dar resposta à hipótese de trabalho H_2 (ver pág. 59) teremos então que considerar:

$H_{0.2}$ – O valor médio da Duração Média das Fixações para o GVBN é idêntico ao valor médio da Duração Média das Fixações para o GIC.

Vs

$H_{1.2}$ – O valor médio da Duração Média das Fixações para o GVBN é diferente do valor médio da Duração Média das Fixações para o GIC.

Os valores obtidos através do teste T-Student foram para o segmento E-D $p=0,008$, para o segmento D-E $p=0,000$ e para o segmento C-B $p=0,005$ (Tabela 14).

Como podemos observar na Tabela 15, o teste Mann-Whitney apresentou, para o segmento B-C, um valor de $p=0,050$.

Tabela 14: Teste de T-Student para a Duração Média das Fixações

Variável Duração Média das Fixações					
Segmento	t-test for Equality of Means				
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
E-D	2,757	50	0,008	0,090653	0,032886
D-E	4,235	50	0,000	0,128542	0,030354
C-B	2,961	50	0,005	0,095622	0,032289

Assim sendo, uma vez que todos os valores de p, nos diferentes segmentos, são inferiores ou iguais ao nível de significância previamente estabelecido ($p \leq 0,05$), rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que existem diferenças significativas entre as

Tabela 15: Teste de Mann-Whitney para a Duração Média das Fixações

Variável Duração Média das Fixações				
Segmento	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig.(2-tailed)
B-C	231,000	582,000	-1,958	0,050

médias dos dois grupos, para a Duração Média das Fixações. Podemos assim dizer que em termos de Direcção do Olhar, na nossa amostra, os indivíduos com visão binocular normal e os indivíduos com insuficiência de convergência, apresentam diferenças significativas, relativamente à Duração Média das Fixações.

Média das Distâncias Inter-Fixações

O estudo da normalidade referente à distribuição da variável Média das Distâncias Inter-Fixações, realizado através do teste de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors e Shapiro-Wilk (Tabela 16), mostra-nos que só no segmento D-E é que a distribuição é normal nos dois grupos. Nos restantes segmentos, relativamente ao GIC, não existe uma distribuição normal.

Tabela 16: Teste de normalidade para a Média das Distâncias Inter-Fixações

Variável Média das Distâncias Inter-Fixações							
Segmento	Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
E-D	VBN	0,170	26	0,051	0,938	26	0,119
	IC	0,158	26	0,095	0,933	26	0,092
D-E	VBN	0,129	26	0,200*	0,972	26	0,675
	IC	0,176	26	0,036	0,917	26	0,038
C-B	VBN	0,141	26	0,200*	0,968	26	0,578
	IC	0,101	26	0,200*	0,978	26	0,821
B-C	VBN	0,112	26	0,200*	0,939	26	0,130
	IC	0,188	26	0,018	0,853	26	0,002

* Isto é o limite inferior para a verdadeira significância.

a Correção da significância de Lilliefors

Tendo em atenção o estudo da normalidade, os testes de comparação de médias utilizados foram para o segmento C-B o T-Student e para os segmentos E-D, D-E e B-C o Mann-Whitney.

Para responder à hipótese de trabalho H_3 (ver pág. 59) teremos então que considerar:

$H_{0,3}$ – O valor médio da Média das Distâncias Inter-Fixações para o GVBN é idêntico ao valor médio da Média das Distâncias Inter-Fixações para o GIC.

Vs

$H_{1,3}$ – O valor médio da Média das Distâncias Inter-Fixações para o GVBN é diferente do valor médio da Média das Distâncias Inter-Fixações para o GIC.

O valor obtido através do teste T-Student (Tabela 17), para o segmento C-B, foi de $p=0,003$, valor esse inferior ao nível de significância estabelecido anteriormente ($p \leq 0,05$).

Tabela 17: Teste de T-Student para a Média das Distâncias Inter-Fixações

Segmento	Variável Média das Distâncias Inter-Fixações				
	t-test for Equality of Means				
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
C-B	3,110	50	0,003	0,439473	0,141300

O teste Mann-Whitney realizado aos segmentos E-D, D-E e B-C, apresentado na Tabela 18, revela um valor de $p=0,008$, para o segmento E-D, que é inferior a $p \leq 0,05$. Os valores de p para os restantes segmentos são 0,305 (D-E) e 0,073 (B-C), ambos os valores estão acima do nível de significância pré estabelecido ($p \leq 0,05$). Como podemos observar, os segmentos D-E e B-C, apresentaram valores de p superiores ao nível de significância previamente estabelecido ($p \leq 0,05$), deste modo, não é possível rejeitar a hipótese nula. Assim, concluímos que existem

Tabela 18: Teste de Mann-Whitney para a Média das Distâncias Inter-Fixações

Segmento	Variável Média das Distâncias Inter-Fixações			
	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig.(2-tailed)
E-D	192,000	543,000	-2,672	0,008
D-E	282,000	633,000	-1,025	0,305
B-C	240,000	591,000	-1,794	0,073

diferenças significativas entre as médias dos dois grupos, para a Média das Distâncias Inter-Fixações, apenas nos segmentos E-D e C-B. Podemos assim dizer que em termos de Direcção do Olhar, na nossa amostra, os indivíduos com visão binocular normal e os indivíduos com insuficiência de convergência, apresentam diferenças significativas, relativamente à Média das Distâncias Inter-Fixações, nos segmentos mais usuais (E-D e C-B) e que relativamente aos segmentos menos usuais (D-E e B-C), essas diferenças não são significativas. Apesar disso, como podemos observar nos gráficos de caixas das Figura 21 e Figura 22 (pág. 85 e 86), mesmo os segmentos D-E e B-C apresentam a mesma tendência que os segmentos onde foram encontradas diferenças significativas.

Número de Inversões

Como foi referido anteriormente, devido às características da variável Número de Inversões optou-se por aplicar o teste não paramétrico Mann-Whitney, de modo a determinar se existem diferenças significativas entre as distribuições das duas amostras independentes.

Para responder à hipótese de trabalho H_4 (ver pág. 59) teremos então que considerar:

$H_{0,4}$ – A distribuição do Número de Inversões para o GVBN e para o GIC, é idêntica.

Vs

$H_{1,4}$ – A distribuição do Número de Inversões para o GVBN e para o GIC, não é idêntica.

Os resultados da aplicação do teste Mann-Whitney (Tabela 19) mostram-nos que para os segmentos E-D, C-B e B-C que não existem diferenças significativas, na média do Número de Inversões, entre os dois grupos, uma vez que os valores de p , são muito superiores ao do nível de significância previamente estabelecido ($p \leq 0,05$). No entanto, para o segmento D-E que apresenta um valor de $p=0,040$ podemos

Tabela 19: Teste de Mann-Whitney para a Número de Inversões

Variável Número de Inversões				
Segmento	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig.(2-tailed)
E-D	295,000	646,000	-0,951	0,341
D-E	237,000	588,000	-2,054	0,040
C-B	298,500	649,500	-0,769	0,442
B-C	317,000	668,000	-0,440	0,660

concluir que existem diferenças significativas entre as médias dos dois grupos. Assim sendo, não se rejeita a hipótese nula, o que nos pode levar a dizer que em termos de Direcção do Olhar, na nossa amostra, os indivíduos com visão binocular normal e os indivíduos com insuficiência de convergência, não apresentam diferenças significativas, relativamente ao Número de Inversões, à excepção do segmento D-E.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Como facilmente podemos constatar através da análise dos resultados do estudo estatístico, das quatro hipóteses por nós colocadas (ver pág. 59), duas confirmaram-se (H_1 e H_2) e nas outras duas (H_3 e H_4) apenas obtivemos uma confirmação parcial o que para todos os efeitos nos leva a concluir pela sua infirmação.

Quer isto dizer que:

- Na nossa amostra, relativamente aos valores encontrados na variável Número de Fixações foram encontradas diferenças significativas entre os indivíduos com visão binocular normal e indivíduos com insuficiência de convergência, em todos os segmentos estudados (E-D, D-E, C-B e B-C).
- À semelhança da variável anterior, na nossa amostra, relativamente aos valores encontrados na variável Duração Média das Fixações também foram encontradas diferenças significativas entre os indivíduos com visão binocular normal e indivíduos com insuficiência de convergência, em todos os segmentos estudados.
- Relativamente aos valores encontrados na variável Média das Distâncias Inter-Fixações obtivemos diferenças significativas entre os indivíduos com visão binocular normal e indivíduos com insuficiência de convergência, nos segmentos E-D e C-B, que na nossa cultura, são os segmentos mais usuais, devido à leitura, neste caso, se processar da esquerda para a direita e de cima para baixo. Nos segmentos menos usuais, D-E e B-C, apesar dos valores calculados apontarem no mesmo sentido que os outros segmentos²⁵, ou seja, serem mais elevados nos indivíduos com visão binocular normal do que nos

²⁵ Como pode ser constatado pela observação da Tabela 10 na pág. 84 e dos gráficos de caixas das Figura 21 e Figura 22 nas págs. 85 e 86 respectivamente.

indivíduos com insuficiência de convergência, essa diferença não se revelou estatisticamente significativa.

- Por último, em relação à variável Número de Inversões podemos constatar que os valores foram sempre inferiores nos indivíduos com visão binocular normal²⁶. No entanto, apenas foram registadas diferenças significativas no segmento D-E.

Deste modo, podemos dizer de uma forma genérica que no nosso estudo a análise das variáveis estudadas mostra que a insuficiência de convergência provoca uma perda de qualidade relativamente à fixação e perseguição visual.

Após esta análise mais global iremos de seguida particularizar alguns aspectos que nos pareceram ser pertinentes.

Ao realizarmos a nossa pesquisa bibliográfica verificámos que parece não existirem trabalhos onde a análise dos movimentos oculares, em indivíduos com insuficiência de convergência, seja efectuada. No entanto, vários estudos fazem essa análise utilizando outro tipo de população que parece estar relacionada com a insuficiência de convergência; estamos-nos a referir aos indivíduos com dificuldades na leitura e escrita vulgarmente denominados disléxicos. A relação entre a dislexia e a insuficiência de convergência é demonstrada no trabalho realizado por Latvala et al. (1994), onde é referido existir uma percentagem elevada de insuficiências de convergência em crianças disléxicas. Noutro estudo mais recente, que vem no seguimento de um trabalho elaborado por Quercia, Robichon e Alves da Silva (2004), realizado em 60 indivíduos, entre os 8,7 e os 15,8 anos, com dislexia de desenvolvimento, verificaram que na totalidade dos casos (100%) existiam alterações da convergência (Quercia et al., 2005).

Assim sendo, em relação ao número de fixações e ao número de inversões, onde no nosso trabalho, o grupo de indivíduos com visão binocular normal apresentou sempre valores mais baixos do que o grupo de indivíduos com insuficiência de convergência. Apesar de essa diferença ter sido significativa, em todos os segmentos estudados, para a variável Número de Fixações, o mesmo não

²⁶ Como pode ser constatado pela observação da Tabela 11 na pág. 87.

aconteceu relativamente à variável Número de Inversões, onde a diferença só foi significativa no segmento D-E. Valores semelhantes, relativamente a estas duas variáveis foram apresentados num estudo realizado por, Biscaldi, Fischer e Aiple (1994), onde 24 crianças foram divididas em dois grupos de 12, um grupo composto por crianças consideradas disléxicas e o outro composto por crianças sem dificuldades de leitura e escrita (grupo de controle). Os autores referem que o estudo comparativo revelou diferenças significativas entre os dois grupos e que, em geral, o grupo de crianças com dislexia apresentou uma qualidade de fixação pobre, mais erros de localização e um tempo de reacção mais baixo.

Num estudo muito semelhante ao anterior, realizado em adultos, Fischer, Biscaldi e Otto (1993), os resultados são também muito equivalentes. No entanto, o número de sacadas regressivas (número de inversões) não se revelou discriminativo entre o grupo com problemas de leitura e escrita e o grupo de controlo.

Biscaldi, Gezeck e Stuhr (1998) referem que num estudo correlacional realizado com 185 indivíduos considerados disléxicos, os resultados sugerem que o processo de leitura e o sistema da sacada são ambos controlados pelos sistemas da atenção visuo-espacial e de fixação e que podem estar limitados ou apresentarem um desenvolvimento mais lento em muitos dos indivíduos com dislexia.

Esta convergência de resultados do nosso trabalho relativamente aos que acabámos de referir, sugere que as alterações encontradas nos indivíduos disléxicos podem ser em parte explicadas pelos problemas da convergência e da visão binocular, o que vem realçar, a necessidade de se efectuarem mais estudos que incidam na análise dos movimentos oculares nas alterações da binocularidade, relacionando-os com os problemas da aprendizagem, nomeadamente as dificuldades na leitura e escrita.

No nosso estudo, os valores obtidos, especialmente nas variáveis Número de Fixações e Duração Média das Fixações, parecem-nos apontar para uma maior estabilidade da fixação e também para um movimento sacádico mais preciso nos indivíduos com visão binocular normal, comparativamente aos indivíduos com insuficiência de convergência, o que vem de encontro ao que Pigassou-Albouy (1995) defende quando refere que a fixação e os movimentos sacádicos são mais estáveis na presença de uma visão binocular normal. Demonstrando assim, que a

perseguição visual é mais fiável quando existe uma sinergia e um sincronismo dos olhos.

Um estudo realizado por Daftari, Alvarez, Chua, DeMarco e Ciuffreda (2003) também parece corroborar estes resultados. Os autores, através de um dispositivo que utiliza LEDs²⁷ como alvos colocados a distâncias diferentes do observador, realizaram a comparação da dinâmica dos movimentos oculares entre dois grupos, um formado por indivíduos com visão binocular normal e outro por indivíduos com insuficiência de convergência. Os resultados sugerem que a dinâmica dos movimentos oculares dos indivíduos que não apresentam disfunção binocular é mais rápida, comparada com os indivíduos com insuficiência de convergência.

Os critérios utilizados para a formação dos dois grupos em estudo (pág. 54) fazem com que as diferenças encontradas entre eles sejam, em nosso entender, um alerta para as pequenas anomalias que muitas vezes podem ser consideradas dentro dos parâmetros normais, dependendo de critérios que, como pudemos verificar na revisão da literatura, podem variar consoante o autor. Quer isto dizer que, apesar de normalmente ser utilizado como critério de diagnóstico da insuficiência de convergência a alteração de um dos valores, convergência para perto ou PPC (Santiago et al., 1999) ou dos dois em simultâneo (Hugonnier & Hugonnier, 1981; Von Noorden, 1996), no nosso estudo, incluímos também a existência ou não de queixas astenópicas.

Deste modo, entendemos que os resultados obtidos apontam para que, valores limite de convergência para perto e de PPC devem ser considerados como suspeitos e ser objecto de uma avaliação mais aprofundada, evitando-se assim cair no erro de os desvalorizar, como é referido por von Noorden (1996).

Num estudo realizado por van Leeuwen et al. (1999), os autores referem que a medição dos movimentos oculares em indivíduos com insuficiência de convergência pode fornecer dados úteis para o estabelecimento de critérios mais eficazes no diagnóstico da insuficiência de convergência.

A visão binocular normal garante uma resposta fisiológica adequada nos movimentos de perseguição visual, o que vem contribuir para o aumento da sua

²⁷ Light Emitting Diodes.

eficácia. Assim sendo, o restabelecimento da visão binocular normal, nos indivíduos com insuficiência de convergência, é fundamental para a existência de um conforto visual adequado de modo a permitir um normal desempenho nas diferentes actividades diárias. Deste modo, a correcção da insuficiência de convergência deverá requerer uma especial atenção, devido às repercussões que isso terá, na qualidade de vida dos indivíduos.

Pensamos que este trabalho vem realçar a necessidade de mais estudos que incidam nas alterações da visão binocular e que os sistemas de pesquisa visual (*eye tracking*) podem dar um contributo importante nessa área.

SUGESTÕES FUTURAS

Afim de se poder aprofundar o estudo da insuficiência de convergência, considera-se necessário efectuar estudos que permitam:

- Isolar cada uma das alterações e queixas características da insuficiência de convergência, afim de determinar o peso relativo, de cada uma delas.
- Determinar o efeito da idade na insuficiência de convergência.
- Avaliar o comportamento dos parâmetros por nós estudados, após o tratamento da insuficiência de convergência e respectiva normalização dos parâmetros clássicos (PPC e convergência para perto).
- Validar o questionário de caracterização das queixas astenópicas, para a população portuguesa.
- Observar o comportamento da pesquisa visual (*eye tracking*) em diferentes situações, nomeadamente em movimento, e no desempenho de diferentes tarefas, realizadas a várias distâncias.

BIBLIOGRAFIA

- A Joint Organizational Policy Statement of The American Academy of Optometry and the American Optometric Association (1999). *Vision Therapy: Information for Health Care and Other Allied Professionals*. Consultado em 16 de Julho de 2006, em Optometrists Network:
http://www.visiontherapy.org/vision-therapy/pdfs/02_vt_info_AOA_AAO.pdf
- Abrams, D. (1993). *Duke-Elder's Practice of Refraction*. London: Churchill Livingstone.
- Allen, J. (1979). *Manual de las enfermedades de los ojos*. Barcelona: Salvat.
- Andrade, A. L. (1966). Cegueira. *Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura* (pp. 1686-1687). Lisboa: Editorial Verbo.
- Artigas, J. M., Capilla, P., Felipe, A. & Pujol, J. (1995). *Optica fisiológica - Psicofísica de la vision*. Madrid: Interamericana McGraw-Hill.
- Babu, R. J., Lillakas, L., Wareham, J., Sabharwal, B., Steinbach, M. J. & Irving, E. L. (2003). Changes in saccadic velocity across the human lifespan. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 44, E-Abstract 1971.
- Baranowska-George, T (1995). *Traitement du Strabisme – références particulières à la méthode de Szczecin*. Szczecin: Sylwjana.
- Bavelier, D., Tomann, A., Hutton, C., Mitchell, T., Corina, D., Liu, G. & Neville H. (2000). Visual attention to the periphery is enhanced in congenitally deaf individuals. *The Journal of Neuroscience*, 20, 1-6.
- Besnard, M. J. (1978). *Orthoptie Pratique*. Paris: Doin Editeurs.
- Biscaldi, M., Fischer, B. & Aiple F. (1994). Saccadic eye movements of dyslexic and normal reading children. *Perception*, 23(1), 45-64.

- Biscaldi, M., Gezeck, S. & Stuhr, V. (1998). Poor saccadic control correlates with dyslexia. *Neuropsychologia*, Nov, 36(11), 1189-1202.
- Castela, R. (2006). *Estrabismo*. Lisboa: Lidel.
- Cho, S. & Lee, C. (2003). Expansion of visual space after saccadic eye movements. *Journal of Vision*, 3(11), 906-918.
- Ciuffreda, K. J. (2002). The scientific basis for and efficacy of optometric vision therapy in nonstrabismic accommodative and vergence disorders. *Optometry*, 73, 735-762.
- Cooper, J. & Duckman, R. (1978). Convergence insufficiency: incidence, diagnosis, and treatment. *Journal of the American Optometric Association*. Jun, 49(6), 673-680.
- Cooper, J. (1998). *Summary of Research on the Efficacy of Vision Therapy for Specific Visual Dysfunctions*. Adapted from The Journal of Behavioral Optometry 1998; 9(5): 115-119. Consultado em 16 de Julho de 2006, em Optometrists Network:
http://www.visiontherapy.org/vision-therapy/pdfs/03_sum_vt_research_Cooper.pdf.
- Cooper, J., Burns, C., Cotter, S., Daum, K., Griffin, J. & Scheiman, M. (1998). *Care of the Patient with Accommodative and Vergence Dysfunction – reference guide for clinicians*. St. Louis: American Optometric Association.
- Correia, P. P., Espanha, M. & Silva, P. A. (1999). Receptores e vias da sensibilidade. In P. Pezarat Correia (Ed.), *Anatomofisiologia – Tomo II, função neuromuscular* (pp 69-84). Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.
- Daffner, K. R., Scinto, L. F. M., Weintraub, S., Guinessey, J. & Mesulam, M. M. (1994). The impact of aging on curiosity as measured by exploratory eye-movements. *Archives of Neurology*, 51, 368-376.

- Daftari, A., Alvarez, T. L., Chua, F., DeMarco, R. & Ciuffreda, K, (2003). The dynamics of convergence insufficiency. *Proceedings of the IEEE 29th annual northeast bioengineering conference*, 41-42.
- Daum, K. M. (1988). Characteristics of convergence insufficiency. *Am J Optom Physiol Opt, Jun, 65(6)*, 426-438.
- Deshpande, S. B., & Ghosh, R. K. (1991). Study of primary convergence insufficiency. *Indian J. Ophthalmol. 39*, 112-114.
- Duchowski A. T. (2002). A breadth-first survey of eye-tracking applications. *Behav Res Methods Instrum Comput. Nov, 34(4)*, 455-470.
- Duchowski A. T. (2003). *Eye tracking methodology – Theory and practice*. London: Springer.
- Farid, M. & Murtagh, F. (2003). Eye-movements and voice as interface modalities to computer systems. *Proc. SPIE, 4877*, 115-125.
- Fischer, B., Biscaldi, M. & Otto, P. (1993). Saccadic eye movements of dyslexic adult subjects. *Neuropsychologia. Sep, 31(9)*, 887-906.
- Fischer, B. (1998). Attention in saccades. In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 289-305). New York: Oxford University Press.
- Fukuda, R. & Bubb, H. (2003). Eye tracking study on Web-use: Comparison between younger and elderly users in case of search task with electronic timetable service. *PsychNology Journal, 1*, 202-228.
- Garcia, F. V., Entrudo, A., Ferreira, A. D. & Monteiro, M. C. (1996). *O Exame Vestibular Convencional e os seus Limites*. Trabalho, revisto e aumentado, incluído no Rapport do II Symposium Internacional da Vertigem, Estoril. Consultado em 26 de Março de 2005, em Associação Portuguesa de Otoneurologia:
<http://www.otoneuro.pt/forum14.htm>.
- Godaux, E. & Cheron, G. (1989). *Le Mouvement*. Paris: McGraw-Hill.

- Gomes da Luz, R. M. (1998). *O dioptra córnea – filme lacrimal a 1ª camada?* Tese de doutoramento. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências Médicas.
- Grosbras, M. H., Laird, A. R. & Paus, T. (2005) Cortical regions involved in eye movements, shifts of attention, and gaze perception. *Human Brain Mapping*, 25(1), 140-514.
- Hatfield, G. (1998). Attention in early scientific psychology. In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 3-25). New York: Oxford University Press.
- Horowitz, T. S., Holcombe, A. O., Wolfe, J. M., Arsenio, H. C. & DiMase, J. S. (2004). Attentional pursuit is faster than attentional saccade. *Journal of Vision*, Jul, 4(7), 585-603.
- Hugonnier, R. & Hugonnier, S. (1981). *Strabismes – hétérophories paralysies oculomotrices*. Paris: Masson.
- Hurt, J., Rasicovci, A. & Windsor, C. E. (1977). *Comprehensive Review of Orthoptics and Ocular Motility – theory, therapy, and surgery*. St. Louis: C. V. Mosby Company.
- Hutton, S. B. & Tegally, D. (2005). The effects of dividing attention on smooth pursuit eye tracking. *Experimental Brain Research*, 163(3), 306-313.
- Irving, E. L., Steinbach, M. J., Lillakas, L., Babu, R. J. & Hutchings, N. (2006). Horizontal Saccade Dynamics across the Human Life Span Invest. *Ophthalmol. Vis. Sci.*, 47, 2478-2484.
- Jeanrot, N. & Jeanrot, F. (1996). *Manual de Estrabología Práctica – aspectos clínicos y terapéuticos*. Barcelona: Masson, S. A.
- Jiménez, R. B. (1997). Uma Escola para todos: A Integração Escolar. In: R. B. Jiménez (Ed.), *Necessidades Educativas Especiais* (pp. 21-35). Lisboa: Dinalivro.

- Jiménez, R., Lázaro, M. M., García, J. A. & Pérez, M. A. (2003). Análisis de la prevalencia de insuficiencia de convergencia en escolares según diferentes criterios de diagnóstico. *Apresentado na 7ª Reunión Nacional de Óptica, Santander, 8-11 Septiembre*. Consultado em 17 de Julho de 2006, em Universidad de Cantabria, Departamento de Física Aplicada, Área de Óptica: <http://www.optica.unican.es/rno7/Contribuciones/articulospdf/Jimenez.pdf>.
- Kaneko, R., Yasuyoshi, K., Sakata, Y. & Kuchinomachi, Y. (2004). Aging and shifts of visual attention in saccadic eye movements. *Experimental Aging Research*, 30, 149-162.
- Kapoula, Z. & Bucci, M. P. (2005). Un autre regard sur la dyslexie. *Cerveau & Psycho*. Nov. 12, 83-85.
- King, D. J., Mills, P. J., Mannion, M. F. & Green, J. F. (1999). Smooth pursuit eye movements in chronic schizophrenics and healthy volunteers using a quantitative objective measure for detecting saccadic intrusions. *Human Psychopharmacology Clin. Exp.*, 14, 87-94.
- Kuechenmeister, C. A., Linton, P. H., Mueller, T.V. & White H. B. (1977). Eye tracking in relation to age, sex and illness. *Archives of General Psychiatry*, 34(5), 578-579.
- LaBerge, D. (1998). Attentional emphasis in visual orienting and resolving. In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 417-454). New York: Oxford University Press.
- Lang, J. (1981). *Strabisme – diagnostic, formes cliniques, traitement*. Paris: Maloine S.A. Editeur.
- Latvala, M. L., Korhonen, T. T., Penttinen, M. & Laippala, P. (1994). Ophthalmic findings in dyslexic schoolchildren. *British Journal of Ophthalmology*, May, 78(5), 339-343.
- Liversedge, S. P. & Findlay, J. M. (2002). Saccadic eye movements and cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 6-14.

- Logan, G. D. & Compton B. J. (1998). Attention and automaticity. In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 108-131). New York: Oxford University Press.
- Lyle, T. K. & Wybar, K. C. (1967). *Practical Orthoptics in the Treatment of Squint – and other anomalies of binocular vision*. London: H. K. Lewis & Co. Ltd.
- Luck, S. J. & Beach N. J. (1998). Visual attention and the binding problem: A neurophysiological perspective. In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 455-478). New York: Oxford University Press.
- Mack, A. & Rock, I. (1998). Inattention blindness: Perception without attention. In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 55-76). New York: Oxford University Press.
- Mallet, R. (1993). Técnicas de Investigación de las Anomalías de Vision Binocular. In K. Edwards & R. Llewellyn (Eds.), *Optometria* (pp. 245-291). Barcelona: Masson-Salvat.
- Maples, W. C. (2003). Visual factors that significantly impact academic performance. *Optometry, Jan, 74(1)*, 35-49.
- Martin, M. B. & Bueno, S. T. (1997). Deficiente Visual e Acção Educativa. In R. B. Jiménez (Ed.), *Necessidades Educativas Especiais* (pp. 317-347). Lisboa: DINALIVRO.
- Martins, A. (1977). *Glaucoma e Hipertensão Ocular*. Lisboa: Livraria Luso-Espanhola.
- Mazow, M. L., France, T. D., Finkleman, S., Frank, J. & Jenkins, P. (1989). Acute accommodative and convergence insufficiency. *Trans. Am. Ophthalmol. Soc.*, 87, 158-168; discussion 168-173
- Paige, G. D. (1994). Senescence of human visual-vestibular interactions: Smooth pursuit, optokinetic, and vestibular control of eye movements with aging. *Exp Brain Res*, 98(2), 355-372.

- Pavan-Langston, D. (1988). Músculos Extra-Oculares, Estrabismo e Nistagmo. In Deborah Pavan-Langston. (Ed.), *Manual de Oftalmologia – diagnóstico e tratamento* (pp. 307-342). Rio de Janeiro: MEDSI.
- Pigassou-Albouy R. (1995). *Amblyopie*. Paris: Pradel.
- Porcar, E. & Martinez-Palomera, A. (1997). Prevalence of general binocular dysfunctions in a population of university students. *Optometry and Vision Science, Feb, 74(2)*, 111-113.
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., Thomas-Thrapp, L. & Gerardi, G. (1998). Development of orienting to locations and objects. In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 269-288). New York: Oxford University Press.
- Pratt-Johnson, J. A. & Tillson G. (1994). *Management of Strabismus and Amblyopia – a practical guide*. New York: Thieme Medical Publishers, Inc.
- Quercia, P., Robichon, F. & Alves da Silva, O. (2004). *Dyslexie de developpement et proprioception – approche clinique et thérapeutique*. Beaune: Association Graine de Lecteur.
- Quercia, P., Seigneuric, A., Chariot, S., Vernet, P., Pozzo, T., Bron, A., Creuzot-Garcher, C. & Robichon, F. (2005). Proprioception oculaire et dyslexie de developpement – À propos de 60 observations cliniques. *J. Fr. Ophtalmol., Sep, 28(7)*, 713-723.
- Richards, J. E. & Hunter, S. K. (1997). Peripheral stimulus localization by infants with eye and head movements during visual attention. *Vision Research, 37*, 3021-3035.
- Rouse, M. W., Hyman, L., Hussein, M. & Solan, H. (1998). Frequency of convergence insufficiency in optometry clinic settings. Convergence Insufficiency and Reading Study (CIRS) Group. *Optometry and Vision Science, Feb, 75(2)*, 88-96.

- Rufa, A., Mariottini, G. L., Prattichizzo, D., Vicino, D. Alessandrini, A. & Federico, A. (2005). Video-based eye tracking: our experience with advanced stimuli design for eye tracking software. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1039, 575-579.
- Scheiman, M. & Wick, B. (1994). *Clinical Management of Binocular Vision – heterophoric, accommodative, and eye movement disorders*. Philadelphia: J. B. Lippincott Company.
- Scheiman, M., Cooper, J., Mitchell, G. L., Land, P., Cotter, S., Borsting, E., London, R. & Rouse, M. (2002). A survey of treatment modalities for convergence insufficiency. *Optometry and Vision Science*, Mar, 79(3), 151-157.
- Scheiman, M., Mitchell, G. L., Cotter, S., Cooper, J., Kulp, M., Rouse, M., Borsting, E., London, R. & Wensveen, J. (2005). A randomized clinical trial of treatments for convergence insufficiency in children. *Arch Ophthalmol.*, Jan, 123(1), 14-24.
- Sibert, L. E. & Jacob, R. J. K. (2000). Evaluation of Eye Gaze Interaction. *Proceedings of the CHI 2000*, 281-288.
- Simon, J. W., Buckley, E. G., Drack, A. V., Hutchinson, A. K., Plager, D. A., Raab, E. L., Ruttum, M. S. & Aaby, A. A. (2002). Pediatric Ophthalmology and Strabismus. In Thomas J. Liesegang, Thomas A. Deutsch & M. Gilbert Grand (Eds.), *Basic and Clinical Science Course* (section 6). American Academy of Ophthalmology – LEO.
- Spielmann, A. (1991). *Les Strabismes – de l'analyse clinique à la synthèse chirurgicale*. Paris: Masson.
- Steinman, S. B., Steinman, B. A. & Garzia, R. P. (2000). *Foundations of Binocular Vision – a clinical perspective*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Santiago, A. P., Ing, M. R., Kushner, B. J. & Rosenbaum, A. L. (1999). Intermittent Exotropia. In A. L. Rosenbaum & A. P. Santiago (Eds.), *Clinical Strabismus Management – principles and surgical techniques* (pp. 163-175). Philadelphia: W. B. Saunders Company.

- Tipper, S. P. & Weaver, B. (1998). The medium of attention: Location-based, object-centred, or scene-based?. In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 77-107). New York: Oxford University Press.
- Träisk, F. H. M., Bolzani, R. & Ygge, J. (2005). A comparison between the magnetic scleral search coil and infrared reflection methods for saccadic eye movements. analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 46, 2914.
- Treisman, A. (1998). The perception of features and objects. In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 26-54). New York: Oxford University Press.
- van Leeuwen, A. F., Westen, M. J., van der Steen, J., de Faber, J. T. & Collewijn, H. (1999). Gaze-shift dynamics in subjects with and without symptoms of convergence insufficiency: influence of monocular preference and the effect of training. *Vision Res., Sep*, 39(18), 3095-3107.
- von Noorden, G. K. (1996). *Binocular Vision and Ocular Motility – theory and management of strabismus*. St. Louis: Mosby.
- Vaughan, D., Asbury, T. & Riordan-Eva, P. (1995). *General Ophthalmology*. London: Prentice-Hall International, Inc.
- Ward, M. E. (1996). Anatomy and Physiology of the Eye. In A. L. Corn & A. J. Koenig (Eds.), *Foundations of Low Vision – clinical and functional perspectives* (pp. 69-85). New York: AFB Press.
- William, A., Fletcher, M. D., James, A. & Sharpe, M. D. (1986). Saccadic eye movement dysfunction in Alzheimer's disease. *Annals of Neurology*, 20, 464-471.
- Wright, R. D. & Ward, L. M. (1998). The control of visual attention. In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 132-186). New York: Oxford University Press.
- Yantis, S. (1998). Objects, attention, and perceptual experience. In R. D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 187-214). New York: Oxford University Press.

ANEXOS

ANEXO I

Grelha de avaliação e caracterização da amostra

GRELHA DE AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Leitura da grelha

A grelha está organizada em treze colunas e os dados nela contidos, após a selecção e formação dos dois grupos em estudo, foram utilizados para a caracterização da amostra.

Os dados contidos em cada uma das colunas são os seguintes:

1. **Nome** – apenas foi utilizado na fase de correspondência dos dados da caracterização da amostra com os valores obtidos no pesquisador visual (*eye tracker*).
2. **Tipo Grupo** – identifica a que grupo pertence o indivíduo. **VBN** para o grupo com visão binocular normal e **IC** para o grupo com insuficiência de convergência.
3. **Idade** – o valor da idade em anos.
4. **Sexo** – **F** corresponde a feminino e **M** a masculino.
5. **AV OD** – acuidade visual do olho direito na escala decimal.
6. **AV OD** – acuidade visual do olho esquerdo na escala decimal.
7. **Refrac.** – refração habitual do indivíduo e com a qual foram realizados os testes. **NT** (não tem), **LC** (lentes de contacto) e **Óculos**.
8. **MO** – movimentos oculares, **N** para normais e **A** para alterados.
9. **PPC** – ponto próximo de convergência, medido em centímetros.
10. **C'** – convergência para perto, medido em dioptrias prismáticas.
11. **D'** – divergência para perto, medido em dioptrias prismáticas.
12. **Ester.** – estereopsia para perto, medida em segundos de arco.
13. **Asten.** – queixas astenópicas, **N** (não) e **S** (sim).

Grelha de avaliação e caracterização da amostra

Nome	Tipo Grupo	Idade	Sexo	AV OD	AV OE	Refrac.	MO	PPC	C'	D'	Ester.	Asten.
A ***	VBN	19	F	1	1	NT	N	6	40	10	20	N
A ***	VBN	22	F	1	1	NT	N	6	25	12	20	N
A ***	VBN	20	F	1	1	NT	N	6	30	10	30	N
A ***	VBN	22	F	1	1	NT	N	6	40	16	30	S
A ***	VBN	20	F	1	1	NT	N	10	20	8	15	N
A ***	VBN	20	F	0,9	0,8	Óculos	N	6	25	12	25	S
C ***	VBN	18	F	1	1	NT	N	6	25	8	30	S
C ***	VBN	19	F	1	1	Óculos	N	6	35	6	25	S
C ***	VBN	20	F	1	0,8	LC	N	6	25	8	25	N
C ***	VBN	19	F	1	1	LC	N	6	25	8	25	S
E ***	VBN	22	F	1	1	LC	N	6	35	12	30	S
F ***	VBN	21	M	1	1	Óculos	N	6	30	18	30	N
I ***	VBN	18	F	1	1	NT	N	6	20	4	25	N
J ***	VBN	23	M	1	1	NT	N	6	30	10	20	N
L ***	VBN	19	F	1	1	Óculos	N	6	20	8	30	N
L ***	VBN	21	M	1	1	NT	N	6	40	14	40	S
P ***	VBN	22	F	1	1	NT	N	6	40	20	30	S
P ***	VBN	22	M	1	1	NT	N	6	40	14	30	N
R ***	VBN	22	F	1	1	NT	N	6	40	16	30	S
R ***	VBN	20	F	1	1	NT	N	6	35	16	15	N
R ***	VBN	19	F	1	1	Óculos	N	6	30	12	20	S
S ***	VBN	21	F	1	1	NT	N	8	20	8	15	N
S ***	VBN	19	F	0,8	0,9	NT	N	6	40	10	15	S
T ***	VBN	22	F	1	1	NT	N	6	40	14	50	S
T ***	VBN	21	F	1	1	LC	N	6	40	14	30	N
V ***	VBN	20	F	1	1	Óculos	N	6	40	10	30	N

Nome	Tipo Grupo	Idade	Sexo	AV OD	AV OE	Refrac.	MO	PPC	C'	D'	Ester.	Asten.
A ***	IC	20	F	1	1	Óculos	N	18	14	18	60	S
A ***	IC	18	F	1	1	NT	N	7	20	10	20	S
A ***	IC	19	F	1	1	NT	N	14	10	8	30	S
C ***	IC	22	F	1	1	NT	N	6	20	8	120	S
C ***	IC	22	F	1	1	NT	N	12	20	2	240	S
C ***	IC	20	F	1	1	NT	N	6	16	12	70	S
D ***	IC	20	F	1	1	NT	N	8	35	14	40	S
D ***	IC	19	F	1	1	NT	N	10	10	8	50	S
D ***	IC	21	F	1	1	NT	N	9	16	4	30	S
D ***	IC	22	F	1	1	LC	N	8	20	16	30	S
F ***	IC	19	F	1	1	NT	N	6	18	6	70	S
G ***	IC	23	F	1	1	NT	N	10	25	14	40	S
I ***	IC	19	F	1	0,9	NT	N	9	14	10	30	S
I ***	IC	18	F	1	1	Óculos	N	6	20	8	25	S
I ***	IC	22	F	1	1	NT	N	20	14	14	60	S
J ***	IC	22	F	1	1	Óculos	N	8	30	12	30	S
J ***	IC	19	M	1	1	NT	N	8	10	12	50	N
L ***	IC	21	F	1	1	NT	N	12	6	12	50	S
M ***	IC	18	F	1	1	NT	N	6	18	10	20	S
M ***	IC	21	F	0,9	1	Óculos	N	8	14	8	120	S
N ***	IC	20	F	1	1	NT	N	13	10	6	70	S
N ***	IC	19	M	1	1	NT	N	7	18	4	20	S
R ***	IC	19	F	1	1	NT	N	12	20	16	60	S
S ***	IC	20	F	0,9	1	Óculos	N	7	16	18	70	S
S ***	IC	18	M	1	1	NT	N	10	12	8	70	N
S ***	IC	19	F	1	1	Óculos	N	9	12	12	25	N

ANEXO II

Questionário de caracterização das queixas astenópicas

QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DAS QUEIXAS ASTENÓPICAS

O questionário apresenta cinco questões de escolha múltipla. A primeira identifica a presença de queixas astenópicas e as quatro restantes, para além de caracterizarem essas queixas, também as validam do ponto de vista de estarem, ou não, relacionadas com o esforço visual.

Quer isto dizer, que independentemente de um indivíduo apresentar alterações na questão número um, estas podem não ser em consequência de um esforço visual excessivo. Assim, a caracterização das queixas astenópicas permite mais facilmente identificar a sua causa.

QUESTIONÁRIO

Nome: _____ Ano: _____

Apresenta, frequentemente, algum dos seguintes sintomas/queixas?

1. Cefaleias
2. Ardor/prurido
3. Náuseas/tonturas
4. "Olho vermelho"
5. Lacrimejo
6. Outras quais? _____
7. Não apresento nenhum sintoma ou queixa
(se respondeu opção 7, termina aqui o preenchimento)

Em que situações ocorrem com mais frequência?

1. TV
2. Leitura
3. Computador
4. Outras quais? _____

O aparecimento das queixas é mais frequente em que condições de luminosidade?

1. Luz natural
2. Luz artificial

Em que período(s) do dia ocorrem com mais frequência? Coloque o nº que esteja mais correcto (1-muitas queixas; 2-poucas queixas; 3- sem queixas).

1. Manhã
2. Tarde
3. Noite

Ao fim de quanto tempo?

1. ≤ a 15 minutos
2. 15 a 30 minutos
3. 30 a 60 minutos
4. > a 60 minutos

ANEXO III

Parâmetros de observação do pesquisador visual (*eye tracker*)

PARÂMETROS DE OBSERVAÇÃO DO PESQUISADOR VISUAL (*EYE TRACKER*)

Coordenadas (x,y) dos pontos de calibragem:

1. (5,22)
2. (127,22)
3. (248,22)
4. (5,122)
5. (127,122)
6. (248,122)
7. (5,222)
8. (127,222)
9. (248,122)

Variação (x,y) total (de 1,1 a 261,241)

Coordenadas (x,y) do alvo:

- Horizontais (9 pontos)
 1. (5,122)
 2. (35,122) - +30 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 3. (66,122) - +31 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 4. (97,122) - +31 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 5. (127,122) - +30 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 6. (157,122) - +30 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 7. (187,122) - +30 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 8. (218,122) - +31 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 9. (248,122) - +30 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
- Verticais (7 pontos)
 1. (127,22)
 2. (127,55) - +33 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 3. (127,88) - +33 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 4. (127,122) - +34 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 5. (127,156) - +34 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 6. (127,189) - +33 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
 7. (127,222) - +33 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)

Medidas do cenário (écran):

- Horizontal 30,5cm (31,383° de ângulo visual)
- Vertical 22,8cm (24,513° de ângulo visual)
- Distância entre o bordo lateral e o ponto central (127,122) – 15,25cm
- Distância entre o bordo superior e o ponto central (127,122) – 11,4cm
- Distância entre o ponto de calibragem 4 e o ponto central (127,122) – 14,9cm (diferencial para o bordo lateral, 0,35cm)
- Distância entre o ponto de calibragem 2 e o ponto central (127,122) – 11,1cm (diferencial para o bordo superior, 0,3cm)
- Distância entre pontos horizontais consecutivos – 3,725cm
- Distância entre os pontos verticais consecutivos – 3,7cm

Cálculo das unidades de pesquisador visual (*eye tracker*) por grau de ângulo visual:

- Distância do observador ao alvo (**s**)=50cm
- Distância entre o ponto de calibragem 4 e o ponto central (**dh**)=14,9cm
- Diferencial da coordenada x (**Eth**)=122 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)
- Distância entre o ponto de calibragem 2 e o ponto central (**dv**)=11,1cm
- Diferencial da coordenada y (**Etv**)=100 unidades de pesquisador visual (*eye tracker*)

- Ângulo visual formado pela dh ($\theta_h = \tan^{-1} (dh/s) = 16,594^\circ$)
- Ângulo visual formado pela dv ($\theta_v = \tan^{-1} (dv/s) = 12,517^\circ$)

- Horizontal - unidades de pesquisador visual (*eye tracker*) por grau de ângulo visual (122/16,594=**7,352**)
- Vertical - unidades de pesquisador visual (*eye tracker*) por grau de ângulo visual (100/12,517=**7,989**)