

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

O USO DA ACUIDADE VERNIER EM UM CONTEXTO CLÍNICO

Christine Mae Morello Abbud

Tese apresentada à Faculdade de Medicina de
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Doutor em
Oftalmologia.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Augusto Velasco e Cruz

Ribeirão Preto
2000

Abbud, Christine Mae Morello

**O uso da acuidade Vernier em um contexto clínico.
Ribeirão Preto, 2000.
79 p. : il. ; 27cm**

**Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de
Medicina de Ribeirão Preto/USP – Área de concentração:
Oftalmologia.**

Orientador: Cruz, Antonio Augusto Velasco e .

**1. Acuidade Vernier – 2. Ambliopia – 3. Clínica
Oftalmológica**

ORIENTADOR - Prof. Dr. Antonio Augusto Velasco e Cruz

Meu respeito, admiração e gratidão pelo apoio incondicional, disponibilidade e ensinamentos.

“O prazer dos grandes homens consiste em tornar os outros mais felizes”.

Pascal

DEDICATÓRIA

a *Sérgio Morello*

Ao meu pai (*in memoriam*), que no exercício da medicina me ensinou a amar a vida e a lutar pelos meus ideais. Que sempre compartilhou de todos os momentos de minha vida e hoje se faz presente pelos ensinamentos que deixou. Meu amor e admiração eternos.

... eu o alcanço em pensamento e a lembrança de seu olhar claro e seu sorriso sereno aquecem meu coração.

E, um dia, nas estrelas, em outra dimensão nos reencontraremos.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Harley Edison Amaral Bicas, meu mestre e referência, presença de valores humanos por muitos já esquecidos, pela minha formação profissional e pelo meu ingresso na carreira universitária.

Ao Dr. João Francisco Cêntola Nóbrega, pelo modelo de médico, de ser humano e notável generosidade em compartilhar conhecimentos.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa, pela eficiência e presteza na orientação e análise estatística dos dados deste trabalho.

Aos funcionários e secretárias de nosso departamento Amélia Baruffi, Maria Cecília Onofre, Rita Amâncio Diegues, Jefferson Campagnoli, Ivone Pereira de Souza e Edson Lúcio Beráguas, pela imensa boa vontade, carinho e eficiência.

À Prof. Dra. Angela Kaysel Cruz, André e Beatriz, pela atenção e acolhida.

A todos, pacientes, funcionários, residentes e voluntários, pela disponibilidade sem a qual não teria sido possível este trabalho.

À minha família, por terem se mantido sempre presentes nas minhas constantes ausências e por terem me proporcionado raízes profundas e asas.

Ao Eduardo, meu marido e companheiro de todas as horas, pela nossa história construída dia-a-dia e fiel apoio nos momentos difíceis.

Aos meus filhos amados, Marina e Pedro, por tantas vezes que me privei da companhia de vocês e me abastecia com a lembrança de seus rostinhos alegres e sapecas. A vocês, que dão sentido a tudo: todo o meu amor.

A DEUS, por permitir mais esta realização.

MUITO OBRIGADA!

**Este trabalho foi realizado com o apoio financeiro parcial da CAPES,
no período de setembro de 1996 a fevereiro de 1997.**

ÍNDICE

1- Introdução.....	1
1.1- Psicofísica visual.....	2
1.2- Sentido das formas.....	5
1.3- Ambliopia.....	8
1.4- Acuidade Vernier.....	11
2- Objetivos.....	19
3- Experimentos.....	21
3.1- Experimento 1- Desenvolvimento de método de medida da acuidade Vernier de fácil aplicação clínica.....	23
3.1.1- Material e Métodos.....	23
3.1.2- Resultados.....	26
3.2- Experimento 2- Validação do teste por meio da determinação de função separação/limiar.....	28
3.2.1- População de estudo.....	28
3.2.2- Material e Métodos.....	28
3.2.3- Resultados.....	29
3.3- Experimento 3- Somação binocular.....	30
3.3.1- População de estudo.....	30
3.3.2- Material e Métodos.....	30
3.3.3- Resultados.....	31

3.4- Experimento 4- Variabilidade intra-individual em função da faixa etária	32
3.4.1- População de estudo.....	32
3.4.2- Material e Métodos.....	33
3.4.3- Resultados.....	34
3.5- Experimento 5- Medida clínica da acuidade Vernier em pacientes amblíopes	46
3.5.1- População de estudo.....	46
3.5.2- Material e Métodos.....	50
3.5.3- Resultados.....	51
4- Discussão.....	56
5- Conclusões.....	66
6- Referências.....	68
7- Resumo.....	76
8- Summary	78

1-INTRODUÇÃO

1.1. Psicofísica visual

O sistema visual envolve funções complexas e, do ponto de vista clínico, é conveniente distinguir diferentes modalidades sensoriais, tais como: sentido luminoso (percepção de brilho), sentido cromático (percepção da cor), sentido espacial (capacidade da análise métrica do espaço) e sentido das formas (percepção das formas dos objetos) (Lit, 1968; Michaels, 1980).

Na clínica, a investigação da função visual é rotineiramente feita avaliando-se o sentido das formas. A forma é a configuração externa de um objeto (estímulo) e pode ser quantificada através da determinação dos menores detalhes capazes de serem detectados pelo sistema visual. A mensuração da função visual é objeto da psicofísica (Stephaneck & da Silva, 1978).

A psicofísica tradicional foi definida por Fechner, em 1834, como a ciência que investiga as relações quantitativas entre os eventos físicos e os correspondentes eventos psicológicos. Em termos mais práticos, isso significa a relação quantitativa entre um estímulo e sua resposta (Guilford, 1954).

A psicofísica clássica trata da teoria envolvida na mensuração de limiares e a capacidade de diferenciação dos sentidos, expressando a percepção das diferentes modalidades sensoriais em unidades físicas. As sensações não são diretamente mensuráveis, mas são causadas por estímulos e esses são passíveis de serem medidos. Uma investigação psicofísica implica, então, em duas variáveis quantitativas, o contínuo físico e o contínuo psicológico.

O contínuo físico representa uma série de estímulos que podem ocupar qualquer valor intermediário e são expressos em unidades físicas. Pode ser formado por uma variável contínua (intensidade de luz) ou discreta (uma série de letras). O contínuo psicológico consiste numa série de sensações provocadas pelo estímulo físico sendo, portanto, a percepção subjetiva do estímulo físico. As modificações do contínuo físico nem sempre são acompanhadas pelos mesmos tipos de modificações do contínuo psicológico. Pequenas variações nos estímulos, portanto, podem não ser percebidas ou, ao contrário, serem geradoras de grandes sensações (Guilford, 1954; Stephaneck & da Silva, 1978).

O limiar representa uma forma de quantificação das sensações em unidades do contínuo físico. Existem três tipos de limiares: limiar diferencial (percepção da diferença mínima entre dois estímulos da mesma ordem), limiar terminal (ponto onde se deixa de perceber um estímulo de alta intensidade) e o limiar absoluto (ponto onde se começa a perceber um estímulo físico de pequena intensidade (Guilford, 1954; Stephaneck & da Silva, 1978).

Na mensuração do limiar absoluto, o primeiro valor percebido pelo organismo, infelizmente, não é sempre o mesmo e, devido a essa oscilação, torna-se necessário tomar diversas medidas para se estabelecer seu valor. O limiar absoluto pode ser entendido como um valor probabilístico baseado em um conjunto de limiares instantâneos com distribuição normal (Guilford, 1954; Stephaneck & da Silva, 1978). Dessa forma ele é definido, estatisticamente, como o valor do estímulo que se percebe na metade, ou seja, em 50% das vezes.

A determinação desse valor médio de 50% pode ser feito por vários métodos psicofísicos: método dos limites, método dos estímulos constantes, método do ajuste e método do rastreamento (*staircase*) (Blackwell, 1952).

O método dos limites, também denominado por Blackwell de método de exploração em séries, consiste na apresentação de séries ascendentes e descendentes de diferentes intensidades dos estímulos (Blackwell, 1952). A série ascendente inicia-se com um estímulo tão fraco que certamente o observador não pode detectá-lo. Em seguida, aumenta-se a intensidade dos estímulos até que o observador o perceba. Depois apresenta-se a série descendente, onde a ordem é inversa, iniciando-se com estímulos bem perceptíveis ou supraliminares, diminuindo-os gradativamente em intensidade até que o observador não mais os perceba ou comece a errar em suas tentativas. Anota-se cada estímulo, correto ou incorreto, numa folha de aplicação própria para o teste.

No método dos estímulos constantes, os estímulos são apresentados aleatoriamente. A ordem de apresentação dos estímulos é sorteada previamente e anotada no mesmo protocolo do teste. Para cada valor de estímulo deve ser apresentado o mesmo número de vezes. Diferentemente dos outros métodos, nesse o sujeito não sabe qual será o próximo estímulo, o que deve evitar a expectativa, antecipação das respostas e a monotonia do teste (Blackwell, 1952). Alguns autores, no entanto, afirmam que o método é pouco prático, pois muitos estímulos distantes do limiar são apresentados e os testes com poucos estímulos apresentam efeitos tendenciosos (Wetherill & Levitt, 1965).

No método do ajuste, o observador regula o estímulo de tal maneira que apenas percebe o fenômeno para o qual se mede um limiar, depois o manipula de modo que

desapareça ou apareça novamente, e se detém finalmente no ponto central ou média dos seus movimentos ou valores dos estímulos (Blackwell, 1952).

O método do rastreamento (*staircase* ou *up-and-down*) determina o limiar com uma seqüência predeterminada de estímulos. Se a primeira magnitude do estímulo é resolvida, os outros estímulos da seqüência são requeridos. A partir do primeiro estímulo não resolvido, volta-se a rastrear os estímulos de menores valores, até a obtenção do valor limiar. O método é mais eficiente se o primeiro nível de estímulo for próximo ao valor limiar, requerendo poucas tentativas. O espaçamento entre as magnitudes dos estímulos prefixados não deve ser muito grande ou muito pequeno. Esses intervalos devem variar, tornando-se menores ao redor do valor limiar, possibilitando melhor rastreamento nesse nível (Cornsweet, 1962; Wetherill & Levitt, 1965; Rose, Teller & Rendleman, 1970; Levitt, 1971; Mainster, Timberlake & Schepens, 1981).

1.2. Sentido das formas

Independente da metodologia a ser empregada, o sentido das formas pode ser quantificado através de diferentes tipos de limiares absolutos, por exemplo: o mínimo visível (ou seja, o menor objeto visível), a menor variação visível (linear ou superficial) da dimensão de um objeto, o menor deslocamento visível de um objeto (processamento temporal), o menor desalinhamento detectável entre duas barras dispostas longitudinalmente (acuidade Vernier) e o mínimo separável, isto é, a menor distância visível entre dois pontos (Dubois-Poulsen, 1952; Voipio, 1961; Lavergne & Dehon, 1978).

Na clínica, o limiar absoluto que é corriqueiramente adotado para se estudar o sentido das formas é o mínimo separável, termo criado por Giraud-Teulon, em 1862, para

designar a menor distância entre dois pontos que possibilita que os mesmos sejam percebidos como separados (Giraud-Teulon, 1862). Essa distância limiar é expressa pelo ângulo formado pelos dois estímulos no ponto nodal do olho (ângulo visual) (Helmholtz & Nagel, 1962). A acuidade visual exprime, por definição, o inverso do ângulo visual em minutos de arco (Sloan, 1955; Dreyer, 1964; Westheimer, 1965, 1979; Lavergne & Dehon, 1978; Miao, Wang & Pomerantzeff, 1983).

A despeito de recentes avanços das técnicas objetivas para se estudar a visão, como a do potencial visual evocado (Cruz & Rios, 1998), a maioria das informações sobre a função visual é, ainda, obtida através da medida da acuidade visual por processos psicofísicos.

Na clínica, ela é determinada subjetivamente, com testes nos quais o indivíduo é requerido a distinguir diferentes tipos de optotipos ou estímulos. A acuidade visual é, então, medida pelo ângulo visual subentendido pelas partes constituintes do optotipo, pois o reconhecimento de sua forma requer a resolução de suas partes (Snyder, 1962).

Os optotipos podem ser classificados em três tipos: morfoscópicos, não-morfoscópicos e mistos. No reconhecimento dos morfoscópicos, como letras, números e figuras, há influência de fatores culturais e experiência prévia (Romanio, 1971). Os não morfoscópicos podem ser direcionais e não direcionais. Os primeiros, mais comuns, requerem o reconhecimento do seu direcionamento (E de Snellen e anel de Landolt), já para os últimos (redes e tabuleiros) a direção não é importante. Existem ainda os mistos que combinam um elemento direcional e outro morfoscópico (mão de Sjogren) (Romanio, 1971).

Os optotipos podem ser apresentados isoladamente (Friendly & Weiss, 1985) ou, mais comumente, na forma de tabelas . Nessa forma, eles são dispostos em diversos valores discretos segundo uma certa progressão. Em cada nível de estímulo há um determinado número de optotipos e convencionou-se um critério de acertos, indicativo de resolução para aquele nível (Cruz & Rios, 1998).

Os valores de acuidade visual podem ser expressos por diferentes sistemas de notação, sendo que os mais usados são a notação de Snellen, a decimal de Monoyer, minutos de arco e logaritmo do ângulo visual (Dreyer, 1964; Bailey, 1980).

A notação de Snellen foi a primeira a ser utilizada na clínica e até hoje permanece como um dos métodos mais usados (Sloan, 1955; Snyder, 1962). Snellen expressou o poder resolutivo ocular através de uma fração: $V=d/D$, onde V = acuidade visual, d = distância em que o teste está sendo discriminado e D = distância na qual os componentes do teste formam um ângulo de 1' no nível do olho examinado (Snyder, 1962).

A notação decimal foi sugerida por Monoyer, em 1875. Tal sistema representa a acuidade pelo valor numérico do inverso do ângulo visual. Logo, a acuidade correspondente a um ângulo de 2' será 0,5 (Ogle, 1953).

A notação em minutos de arco é a mais simples e direta para expressar o poder resolutivo do olho, pois se refere ao valor do ângulo visual que é o limiar de resolução (Dreyer, 1964; Westheimer, 1979).

A acuidade visual pode ser expressa também pelo logaritmo desse ângulo mínimo de resolução (log Mar) (Dreyer, 1964; Westheimer, 1979; Bailey, 1980), por exemplo: acuidade visual de 20/20 na notação de Snellen é igual ao ângulo de 1 minuto de arco que

por sua vez é igual a $\log \text{Mar} = 0$. No Brasil, os valores de acuidade visual são expressos principalmente pelo sistema decimal de Monoyer ($AV = 1.0, 0.9, 0.8, \dots$) ou pela fração de Snellen ($AV = 20/20, 20/30, \dots$) (Cruz & Rios, 1998).

1.3. Ambliopia

Ambliopia (do grego *amblyos*: obtuso, *ops*: olho enfraquecido) é a redução de acuidade visual, em um ou nos dois olhos, na ausência de causas orgânicas detectáveis, no exame clínico do olho ou defeito na acuidade visual que persiste após correção refratométrica ou retirada de qualquer obstáculo à visão (Cruz, 1991). Do ponto de vista quantitativo, não há consenso entre os autores para o quanto de baixa de acuidade visual seria considerado como ambliopia (Cruz, 1991). Grande parte dessa dificuldade advém da multiplicidade de escalas usadas nas tabelas de acuidade visual, bem como no caráter arbitrário de algumas dessas (Cruz, 1991; Cruz & Rios, 1998). Enquanto olhos com 20/40, ou de pior acuidade, são universalmente considerados como amblíopes, existe discordância se olhos com acuidade de 20/30 ou 20/25 também poderiam ser classificados como amblíopes. Como em pessoas normais e opticamente corrigidas, a distribuição de diferenças de acuidade visual é mínima, qualquer assimetria interocular de acuidade visual deve ser valorizada (Frisen & Frisen, 1981; Cruz & Bicas, 1988).

Em relação à magnitude do limiar absoluto de resolução, atualmente não há mais dúvidas. Os clássicos trabalhos sobre desenvolvimento da resolução visual mostram que a partir de 5 anos de idade a acuidade visual já atinge valores encontrados em adultos; e se a medida não estiver contaminada por fatores cognitivos limitantes, qualquer valor abaixo do clássico 20/20, deve ser considerado suspeito (Frisen & Frisen 1981; Birch,

Gwiazda, Bauer Jr., Naegele, Held, 1983; Cruz & Bicas, 1988; Gwiazda, Bauer Jr., Held, 1989).

A gravidade da ambliopia está diretamente relacionada ao grau de assimetria sensorial entre os dois olhos e à duração do fator ambliopigênico. A reversibilidade da ambliopia só é possível se a duração do distúrbio for limitada e se o tratamento for instituído ainda dentro do período crítico, ou seja, o período pós-natal em que o sentido visual é ainda lábil (Dobson & Teller, 1978; Von Noorden, 1985).

A classificação mais aceita de ambliopia é aquela estabelecida por Von Noorden (Von Noorden, 1967, 1974, 1985). Para o autor, a ambliopia é classificada em: estrábica, refrativa e por privação visual (ex-anopsia). A ambliopia estrábica é unilateral e ocorre quando o desvio não é perfeitamente alternante. A refrativa divide-se em aniso e isométrica. A anisométrica também é unilateral e, embora possa ocorrer em casos de anisomiopia e anisoastigmatismo, é comumente representada pelas anisohipermetropias. A isoamétrica típica é a alta hipermetropia bilateral (Werner & Scott, 1967; Schoenleber & Crouch, 1987). As ambliopias por privação visual (ex-anopsia) são as representadas por opacidades no segmento anterior (córnea e cristalino), ptose completa, etc, fatores que introduzem um obstáculo à formação da imagem na retina (Levi & Harwerth, 1980).

A ambliopia é a incapacidade visual mais freqüente na infância, afetando entre 2 e 5% da população. O estrabismo isoladamente é o fator mais freqüente na gênese da ambliopia (45%). A combinação de estrabismo e anisometropia (35%), anisometropia isolada (17%) e outras formas de privação (3%) são as outras principais causas restantes

(Shaw, Fielder, Minshull & Rosenthal, 1988).

Uma das hipóteses mais antigas sobre a ambliopia (Worth e Chavasse) é aquela que procurava explicar a perda da função ocular como consequência da parada (*arrest*) do desenvolvimento visual normal (Cruz, 1991; Levi & Carkeet, 1991). Nas décadas de 70 e 80, consolidou-se a noção de que essa hipótese era insustentável como modelo explicativo da ambliopia. Curiosamente, o moderno e avassalador desenvolvimento da psicofísica do desenvolvimento visual voltou a valorizar o modelo de Worth-Chavasse. Com efeito, como já foi citado anteriormente, a partir da aplicação de métodos comportamentais ao estudo do sentido visual, grande número de trabalhos vêm mostrando que diferentes funções visuais têm diferentes períodos de desenvolvimento (Teller & Movshon, 1986; Shimojo & Held, 1987; Brown, 1990). Limiar absoluto de detecção, sensibilidade a baixas frequências espaciais, frequência crítica de fusão são exemplos de funções que se desenvolvem antes dos seis meses de idade e estão normais nos olhos amblíopes. Já a acuidade visual tem desenvolvimento mais lento e tardio e a sua perda constitui uma das principais deficiências da ambliopia. Além disso, foi demonstrado, experimentalmente, que a sutura palpebral em macacos, quando feita em diferentes ocasiões, provoca deficiências que refletem o escalonamento temporal do desenvolvimento visual (Harwerth, Smith, Duncan, Crawford & Von Noorden, 1986).

A principal utilidade clínica da teoria da imaturidade visual do olho amblíope é prever que, quanto mais precoce a instalação do quadro e mais tardia a terapêutica, mais graves serão as alterações visuais e pior o prognóstico terapêutico (Cruz, 1991). Isso é correto. Contudo, o problema dessa maneira de ver a ambliopia é o seu caráter estático.

De fato, os déficits sensoriais da ambliopia não se reduzem a mero distúrbio do desenvolvimento. Os conceitos de perda funcional (passiva) decorrente da privação visual e, sobretudo, o de inibição ocular (ativa), em virtude de assimetria aferente, têm largo suporte clínico e teórico (Von Noorden, 1985). A assimetria aferente, seja decorrente de diferença na qualidade da imagem retiniana, seja por erro na correlação dessas (estrabismo), implica em interação binocular anômala (IBA) e a conseqüente supressão do olho desfavorecido. A IBA e conseqüente supressão do olho desfavorecido pode ser demonstrada psicofisicamente através dos fenômenos de transferência interocular (Harwerth & Levi, 1983; Holopigian, Blake & Greenwald, 1988) . Entretanto, é preciso não esquecer que a supressão é um fenômeno binocular e dinâmico, isto é, se o desvio for alternante, a supressão também será alternante e não haverá ambliopia. Além da acuidade visual central, também a acuidade periférica está afetada na área do escotoma supressivo (Harwerth & Levi, 1983).

Em resumo, na avaliação estática, a ambliopia teoricamente representa bloqueio do desenvolvimento sensorial. Especificamente, Worth sugere que a presença de um obstáculo sensorial (estrabismo unilateral) atrasa o desenvolvimento da acuidade visual, e a visão do paciente mantém-se no nível que se encontrava no início do estrabismo. Sob esse ponto de vista, a profundidade da ambliopia está diretamente relacionada com a idade do início do obstáculo sensorial.

1.4. Acuidade Vernier

A acuidade Vernier é um tipo particular de acuidade que envolve a capacidade do olho de perceber descontinuidade ou "quebra" no estímulo; usualmente uma linha

"quebrada" ou um círculo "quebrado". Esse tipo de acuidade é medido em termos de erro no alinhamento das duas partes (Westheimer, 1975).

Ao contrário da acuidade visual, que é expressa pelo inverso do limiar (o ângulo visual), a acuidade Vernier é, normalmente, definida pelo próprio valor do limiar, ou seja, o menor desalinhamento de barras ou pontos. Valores da ordem de 4 segundos de arco(") podem ser encontrados em pessoas normais (Westheimer, 1975; Williams, Enoch & Essock, 1984; Wilson, 1986). O baixo valor do limiar Vernier caracteriza um tipo de capacidade resolutive, denominada de hiperacuidade (Westheimer & Mckee, 1977).

O termo hiperacuidade foi introduzido por Westheimer para descrever a classe especial de funções visuais que apresenta limiares extremamente baixos como acuidade Vernier, detecção de inclinação, estereoacuidade e outras (Baker, 1949; Westheimer, 1975; Williams, Enoch & Essock, 1984).

O fator comum para essas respostas é o limiar extremamente baixo que, em ótimas condições, atinge valores da ordem de 3-5" de arco, ou seja, consideravelmente mais baixos que os limiares de acuidade visual tradicionais. O fato do limiar da acuidade Vernier ser menor que a magnitude do espaço intercone na fóvea humana (25 a 30" de arco) implica, para alguns, que algum processo de informação adicional além do disponível no nível da retina deve estar atuando (Westheimer, Shimamura & Mckee, 1976; Braddick, 1984; Geisler, 1984).

O conceito de hiperacuidade remonta ao século 17 com a descoberta do telescópio. Robert Hooke já reconhecia que a detecção de duas estrelas era limitada pelo mosaico retiniano (Westheimer, 1975). Foram necessários mais dois séculos para os anatomistas

conseguirem a informação sobre o tamanho exato dos receptores retinianos e dos seus limites (Westheimer, 1975). A unificação da teoria da acuidade visual, em que difração, anatomia retiniana, intensidade de discriminação convergem para determinar valores menores que um minuto de arco, constituiu um marco teórico da fisiologia visual da primeira metade do século 20 (Westheimer, 1975). Em 1850, Volkmann mediu a menor diferença detectável para distâncias retinianas. Concluiu que poderia ser menor que 12" de arco, uma fração de um diâmetro de um cone (Stigmar, 1971; Westheimer, 1975). Mais tarde, Wülfing testava o que hoje é chamado de acuidade Vernier e também chegou a valores de segundos de arco (Westheimer, 1975).

A acuidade Vernier foi primeiramente descrita em 1892, por Wülfing (Westheimer, 1975; Westheimer & Mckee, 1977). Hering, em 1899, atentou para o fato que esses limiares eram muito menores que o tamanho dos elementos do mosaico retiniano; e concluía que esse processo visual transcendia os mecanismos de simples receptores, e que tais discriminações de linhas interrompidas são muito pequenas para serem explicadas com base no diâmetro de um único receptor (Wilson, 1986).

Como Wülfing usava linhas e o discípulo de Hering, Best (1900), usava barras como estímulo, Hering postulou que o sinal local de uma linha poderia ser mais preciso que aquele de um receptor porque se estabeleceria um processo envolvendo sinais locais de vários elementos do mosaico que seriam estimulados ao longo do comprimento da linha (Westheimer & Mckee, 1977). Teorias subseqüentes compartilharam a hipótese formulada por Hering (Weymouth, Andersen & Averill, 1923; Andrews, Butcher & Buckley, 1973). Mas, em 1953, Ludvigh mostrou que se um sujeito for questionado para julgar se

um ponto está na linha imaginária formada por outros dois pontos, ele poderia fazer isso tão bem quanto alinhar dois segmentos de linha destruindo a idéia de somação linear (Westheimer & Mckee, 1977).

Como os melhores limiares para estereopsia são similares em magnitude aos limiares para a hiperacuidade monocular, é natural pensar que ambos são limitados por alguma propriedade comum no processo visual. Stratton, em 1900, foi o primeiro a notar a equivalência entre os limiares estereoscópicos e Vernier. Ele supunha que o fator limitante da estereopsia seria a sensibilidade monocular ao deslocamento espacial, e que a sensação de estereopsia fosse possivelmente gerada pela "rivalidade" entre os dois deslocamentos opostos na meia-imagem monocular (Mckee, Welch, Taylor & Bowne, 1990). Nessa linha de pensamento, Walls propôs um experimento para explicar a hipótese de Stratton. Se a estereopsia fosse limitada pela sensibilidade monocular, os limiares Vernier deveriam ser a metade da limiar da estereo-acuidade, quando medidos em condições idênticas e nos mesmos indivíduos, e o limiar estereoscópico seria definido como a soma dos limiares Vernier dos dois olhos (Mckee, Welch, Taylor & Bowne, 1990).

Em 1948, Berry desenvolveu o experimento sugerido por Walls, e descobriu que a estereopsia não poderia ser predita através dos limiares Vernier monoculares. Seria impossível, portanto, predizer com precisão a estereo-acuidade a partir da hiperacuidade correspondente à visão monocular do alvo (Mckee, Welch, Taylor & Bowne, 1990).

Vários trabalhos têm investigado aspectos psicofísicos relacionados à medida da acuidade Vernier, como, por exemplo, os efeitos da interferência espacial, orientação do teste, excentricidade retiniana. Os resultados mostram que a acuidade Vernier piora com

a separação entre os elementos do teste (Williams, Enoch & Essock, 1984; Schor & Badcock, 1985; Mckee, Welch, Taylor & Bowne, 1990; Whitaker & MacVeigh, 1991), cai rapidamente na visão periférica (Westheimer, Shimamura & Mckee, 1976; Fahle & Schmid, 1988), a extensão da interferência espacial é proporcional ao limiar Vernier sem interferência (Westheimer & Hauske, 1975; Levi & Klein, 1985) e, como também ocorre com a acuidade visual, a Vernier é pior na orientação oblíqua do que na vertical ou horizontal (Westheimer, Shimamura & Mckee, 1976; Westheimer, 1981; Enoch, Giraldez-Fernandez, Knowles, Huang, Hunter, LaBree, Azen, 1995; Saarinen & Levi, 1995a).

Existem pouquíssimos trabalhos utilizando acuidade Vernier em problemas clínicos. Um dos campos investigados é o efeito do borramento induzido pela catarata na detecção Vernier (Essock, Williams, Enoch & Raphael, 1984). Alguns dados indicam que a forma da função que relaciona a magnitude do limiar Vernier e a distância de separação dos elementos do teste varia em função da gravidade da opacidade. Além disso, os efeitos ópticos da catarata foram muito semelhantes aos efeitos da degradação do estímulo visual pela interposição de lentes de borramento em observadores normais (Essock, Williams, Enoch & Raphael, 1984) .

O efeito da idade sobre a acuidade Vernier é outro tema controverso. O desenvolvimento da acuidade Vernier em humanos parece não ser gradual, coincidindo com a maturação visual pós-natal. Uma superioridade significativa da acuidade Vernier sobre o padrão de grade foi encontrado depois do quarto mês de vida. O tempo de desenvolvimento da superioridade da acuidade Vernier é quase equivalente ao aparecimento da estereopsia que tem início entre 3 e 6 meses (Shimojo, Birch, Gwiazda

& Held, 1984; Shimojo & Held, 1987; Osuobeni, 1992; Zanker, Mohn, Weber, Zeitler-Driess & Fahle, 1992; Carkeet, Levi & Manny, 1997). Esse início abrupto e rápido desenvolvimento provavelmente reflete a maturação do processo da binocularidade no córtex visual. Segundo alguns trabalhos, uma vez estabilizada a acuidade Vernier não sofreria os efeitos do processo de envelhecimento (Whitaker, Elliott & Macveigh, 1992; Lakshminarayanan & Enoch, 1995; Yebra-Pimentel-Vilar, Giraldez-Fernandez, Enoch, Lakshminarayanan & Knowles, Srinivasan, 1995; Enoch, Werner, Haegerstrom-Portnoy, Lakshminarayanan & Rynders, 1999), fato esse negado por outros autores (Odom, Vasquez, Schwartz & Linberg, 1989).

Outra situação clínica que tem sido objeto de estudo com a acuidade Vernier é a ambliopia (Osuobeni, 1992; Levi, Klein & Wang, 1994a, b; Levi, Waugh & Beard, 1994; Cox, Suh & Leguire, 1996; Levi & Polat, 1996). Em relação a esse tema, há relatos discordantes como por exemplo, o valor da acuidade Vernier do olho fixador de pacientes ambliopes estrábicos foi, num trabalho, dito ser melhor do que aquele encontrado em olhos normais (Levi & Klein, 1982). Curiosamente, os mesmos autores concluíram o oposto em trabalho ulterior (Levi & Klein, 1985).

Existem várias questões não respondidas sobre a acuidade Vernier. Uma delas é se existe somação binocular na acuidade Vernier (Banton & Levi, 1991). Um trabalho pioneiro foi o de Freeman e Bradley (Freeman & Bradley, 1980). Esses autores testaram pacientes monoculares e binoculares com acuidade Vernier e encontraram que os sujeitos funcionalmente monoculares tiveram acuidade Vernier superior aos binoculares quando testados monocularmente. O aumento foi similar em magnitude ao encontrado quando a

acuidade monocular foi comparada com a binocular de sujeitos normais (Freeman & Bradley, 1980). Os autores discutem a possibilidade de que um recrutamento neural ativo ocorre como resultado da deprivação monocular (Freeman & Bradley, 1980).

Há um outro trabalho na literatura que compara a medida da acuidade Vernier de pacientes com visão monocular, isto é, que tiveram um dos olhos enucleados precocemente por retinoblastoma, com um grupo de pacientes normais. Os resultados encontrados indicaram que, em pacientes normais, a resolução Vernier é superior em condições binoculares comparadas às condições monoculares, ou seja, haveria somação binocular que tenderia a diminuir com a idade (Steinbach, Ono, Gonzalez & Rush-Smith, 1989). Já os monoculares (pós-enucleação) quando comparados com os normais não apresentaram diferença de desempenho em relação ao melhor olho. Quando comparados com medidas binoculares apresentavam resolução ainda pior (Steinbach, Ono, Gonzalez & Rush-Smith, 1989), ou seja, não haveria, na acuidade Vernier, o fenômeno de recrutamento neural citado anteriormente.

Finalmente, uma questão fundamental e que, de certa maneira, foi a principal motivação desse trabalho, é a aplicabilidade da medida da acuidade Vernier em pacientes da prática oftalmológica que, nos serviços públicos nacionais, apresentam ampla diversidade de nível socioeconômico e cultural. Além disso, o contexto clínico exerce algumas limitações de ordem prática sobre as medidas psicofísicas. Diferentes de mensurações psicofísicas laboratoriais, na clínica, o tempo é um fator importante, e os procedimentos semiológicos extremamente longos são pouco práticos. Essa questão é fundamental, pois alguns métodos psicofísicos, como aquele dos estímulos constantes,

são extremamente longos e exigem que o limiar seja calculado através do ajuste de uma função matemática (função psicométrica). Além disso, alguns autores sugerem que a prática exerce forte influência sobre a magnitude do limiar (Mckee & Westheimer, 1978; Fahle & Edelman, 1993; Saarinen & Levi, 1995b; Levi & Polat, 1996; Levi, Polat & Hu, 1997). Se a prática tem um forte efeito sobre a medida da magnitude do limiar, qual o nível de confiança que se pode obter com um número pequeno de medidas?

2-OBJETIVOS

Os objetivos desse trabalho foram:

- a) desenvolver um método de medida de acuidade Vernier de fácil aplicação clínica;
- b) validar o método através da determinação da função separação dos elementos do teste *versus* magnitude do limiar Vernier;
- c) verificar a presença da somação binocular na acuidade Vernier;
- c) analisar a variabilidade intra-individual das medidas de acuidade Vernier em função da faixa etária;
- d) investigar se nas condições clínicas usuais a acuidade Vernier pode ser empregada na avaliação do déficit visual ambliópico.

3-EXPERIMENTOS

O trabalho foi dividido em cinco experimentos. No primeiro, foi desenvolvido um método computadorizado para a medida da acuidade Vernier. Nesse primeiro experimento não houve, portanto, população de estudo. Nos quatro experimentos seguintes a acuidade Vernier foi sempre medida com a metodologia desenvolvida no primeiro experimento. Esses quatro experimentos foram seqüenciais, isto é, os resultados do experimento 2 influenciaram a elaboração do experimento 3 e assim por diante. Nos experimentos 2, 3 e 4 foram empregados sujeitos com acuidade visual normal, no experimento 5 foram avaliados sujeitos com ambliopia.

Os experimentos serão detalhados a seguir.

3.1 - Experimento 1: Desenvolvimento de método de medida da acuidade Vernier de fácil aplicação clínica

3.1.1 - Material e Métodos

Utilizou-se um microcomputador equipado com processador Pentium®, 200 MHz com 4 Megabytes de memória RAM. O monitor era um super VGA colorido, tal que, no modo de resolução máximo, os “pixels” tinham dimensão horizontal = 0.26 mm.

Foi desenvolvido um programa específico para a geração do teste nesse equipamento. O algoritmo abaixo detalha os principais elementos desse programa.

O programa foi escrito em linguagem Pascal, utilizando o compilador *Borland Delphi*. Foi utilizada programação orientada a objetos para definição das propriedades e métodos a serem executados e orientação por eventos no desenho do sistema de aquisição.

A base de dados dos pacientes foi implementada utilizando-se o formato de dados mais popular existente, denominado Paradox7. Esse formato de dados é totalmente compatível com formatos comerciais Dbase, Oracle, etc. e pode ser aberto por outros programas gerenciadores de base de dados.

Uma breve descrição das classes mais importantes está relacionada a seguir.

Início: configura a posição da barra fixa e posição inicial da barra móvel. Os tamanhos, cores e outros detalhes de dimensionamento das barras são configurados na classe *Config*. Essa classe apenas utiliza a configuração pré-estabelecida. Anota também data e hora do exame corrente. Todas as anotações são feitas da seguinte maneira: se estiver em modo de exame, as anotações serão repassadas para a ficha do paciente

em questão; caso contrário, os dados serão passados para uma pequena tela de anotações chamada Treino.

Evento do “mouse”: esse evento fica aguardando o paciente apertar o botão esquerdo ou direito do “mouse” para executar a avaliação da acuidade visual. Se o paciente apertar o botão esquerdo, uma nova medida é anotada, e o programa aguarda nova medição (máximo de 10 medidas). Se ele apertar o botão direito, uma nova medida é anotada e finaliza a sessão. O cálculo da medida foi feito da seguinte maneira: a resposta da medida é Exame $\langle i \rangle = \langle \text{Ângulo} \rangle \pm \langle \text{ErroMáximo}/2 \rangle$ em radianos e em graus Celsius. A resposta também apresenta o valor da distância registrada em milímetros.

Aceitar Modificações: permite que o usuário modifique todas as configurações do exame.

Todos os métodos de gerenciamento de dados: implementa toda a navegação entre as fichas dos pacientes cadastrados na base de dados. Permite a edição completa da ficha dos pacientes.

Executa Medições: pode ser realizado o exame (seqüência de medidas) como Treino ou como Exame. O primeiro apenas registra as medidas obtidas na tela denominada Treino, enquanto que Exame registra diretamente na ficha do paciente.

A figura 1 esquematiza o estímulo final gerado pelo programa.

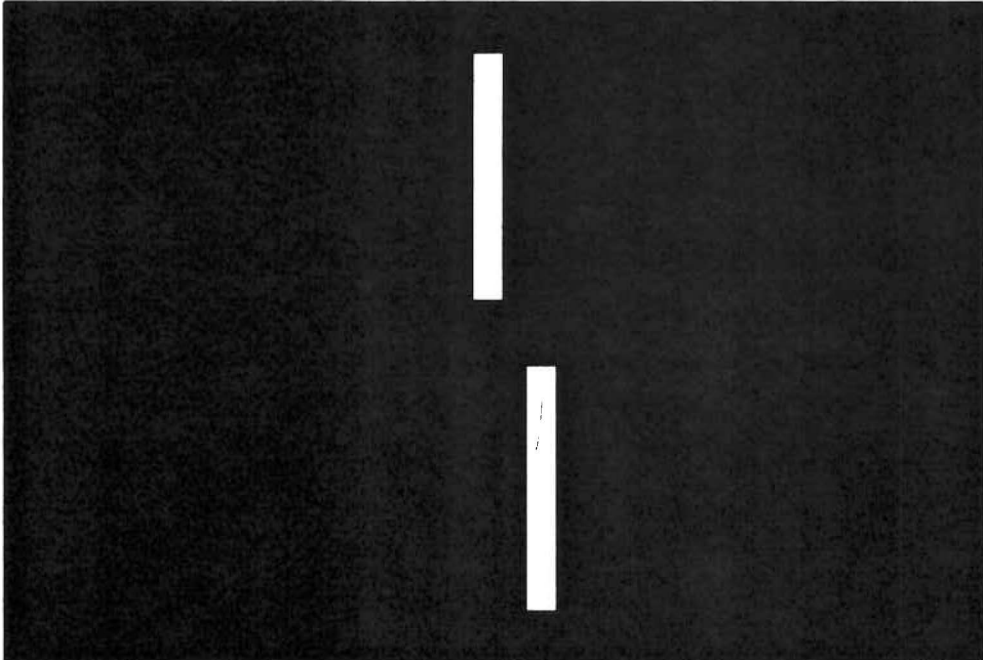


Figura 1 - Estímulo final gerado pelo programa na tela do computador. A barra superior é fixa e a inferior móvel.

Como a largura do “pixel” era igual a 0,26 mm e o sujeito era colocado a 10,73 metros do monitor, a precisão obtida era de 5" de arco ($\text{tg } 5'' = 0.26\text{mm}/10730 \text{ mm}$). A barra inferior era movimentada por um “track-ball” conectado ao computador com um fio de 12 metros. Quando o sujeito julgava ter alinhado as barras, ele retirava a sua mão do “track-ball” e o examinador pressionava a tecla direita do mesmo. A medida do alinhamento era então registrada e, automaticamente, o programa desalinava

aleatoriamente a barra inferior. O processo de alinhamento era então repetido até completar um bloco de dez medidas. Para medidas monoculares foram usados oclusores adesivos na pele.

3.1.2 - Resultados

Após uma breve demonstração do programa, todos os sujeitos, mesmo os pacientes não familiarizados com informática, puderam ser convenientemente testados com facilidade.

O registro dos dados dos sujeitos dos experimentos a seguir foi feito segundo o protocolo abaixo.

Nome:

Data:

Sobrenome:

Registro H C.:

Registro

Idade:

AV S/C: O.D.:

AV C./C: O.D.:

O.E.:

O.E.:

Usando O.D.:

O.E:

Oculomotricidade:

Refração:

O.D.:

O.E:

Abaixo, exemplo dos registros computadorizados de medidas da acuidade

Vernier para um dos sujeitos medidos.

15/06/99 17:25:45

Configuração:

Barra Fixa = $6 \times 300 \text{ pixel}^2 = 1.56 \times 78.00 \text{ mm}^2$

Barra Móvel = $6 \times 300 \text{ pixel}^2 = 1.56 \times 78.00 \text{ mm}^2$

Distância Vertical entre Barras = $48 \text{ pixels} = 12.48 \text{ mm}$

Resultado:

Exame 1 = $0^\circ 0' 14'' \pm 2.5'' = 0.0041667 \pm 0.0006944 \text{ grau} = 0.78 \pm 0.13 \text{ mm}$

Exame 2 = $0^\circ 0' 29'' \pm 2.5'' = 0.0083333 \pm 0.0006944 \text{ grau} = 1.56 \pm 0.13 \text{ mm}$

Exame 3 = $0^\circ 0' 19'' \pm 2.5'' = 0.0055556 \pm 0.0006944 \text{ grau} = 1.04 \pm 0.13 \text{ mm}$

Exame 4 = $0^\circ 0' 14'' \pm 2.5'' = 0.0041667 \pm 0.0006944 \text{ grau} = 0.78 \pm 0.13 \text{ mm}$

Exame 5 = $0^\circ 0' 29'' \pm 2.5'' = 0.0083333 \pm 0.0006944 \text{ grau} = 1.56 \pm 0.13 \text{ mm}$

Exame 6 = $0^\circ 0' 24'' \pm 2.5'' = 0.0069444 \pm 0.0006944 \text{ grau} = 1.30 \pm 0.13 \text{ mm}$

Exame 7 = $0^\circ 0' 19'' \pm 2.5'' = 0.0055556 \pm 0.0006944 \text{ grau} = 1.04 \pm 0.13 \text{ mm}$

Exame 8 = $0^\circ 0' 24'' \pm 2.5'' = 0.0069444 \pm 0.0006944 \text{ grau} = 1.30 \pm 0.13 \text{ mm}$

Exame 9 = $0^\circ 0' 34'' \pm 2.5'' = 0.0097222 \pm 0.0006944 \text{ grau} = 1.82 \pm 0.13 \text{ mm}$

Exame 10 = $0^\circ 0' 24'' \pm 2.5'' = 0.0069444 \pm 0.0006944 \text{ grau} = 1.30 \pm 0.13 \text{ mm}$

Comentário:

3.2 - Experimento 2: Validação do teste por meio da determinação da função separação/limiar

3.2.1 - População de estudo

Foram medidos dez sujeitos normais, sendo seis do sexo masculino e quatro do sexo feminino, com idades variando entre 17 e 41 anos, (média = 31). Todos apresentavam acuidade visual no mínimo igual a 1 em ambos os olhos (medidos por tabela de Snellen), alguns sujeitos utilizavam correção óptica e outros não a utilizavam. Todos os sujeitos foram submetidos a exame oftalmológico de rotina e não apresentavam patologias, sendo a única exceção a presença de ametropias baixas. Os sujeitos foram selecionados entre funcionários, médicos residentes e outros voluntários do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP).

3.2.2 - Material e Métodos

O programa detalhado no item 3.1 era utilizado da seguinte maneira: cada um dos sujeitos fazia 10 alinhamentos das barras para 6 níveis de separação: 0, 12, 24, 48, 96 e 192 "pixels" (1 "pixel" = 5" de arco), correspondendo aos seguintes ângulos: 0, 1, 2, 4, 8 e 16 minutos de arco, de maneira que no total foram efetuados 600 alinhamentos Vernier. O nível de separação foi aleatorizado através de sorteio para todos os participantes. Todas as medidas foram binoculares e cada barra tinha um valor angular de 30" (6 "pixels").

3.2.3 - Resultados

A figura 2 mostra o efeito da separação das barras sobre a magnitude da acuidade Vernier. Cada ponto do gráfico representa a média (\pm intervalo de confiança de 95%) dos valores dos 10 sujeitos testados para cada uma das configurações do teste.

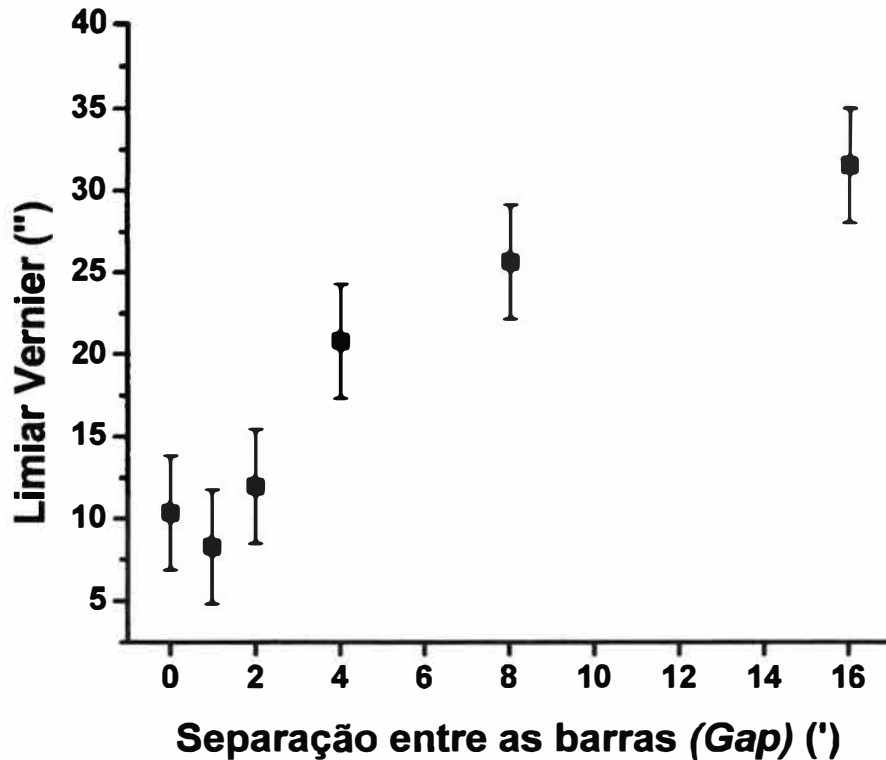


Figura 2 - Função “Gap” versus limiar: efeito da separação entre as barras na magnitude do limiar Vernier.

Análise de variância (ANOVA) em blocos casualizados, (sujeito) revelou diferenças significativas entre as configurações ($F = 29.063$, $p < 0.00001$). Análise *post hoc* pelo teste de Tukey, revelou que as três primeiras configurações (0, 1 e 2) não foram diferentes entre si e diferiram das demais. Em relação a essas últimas, a configuração 4 foi significativamente diferente da 16.

3.3 - Experimento 3: Somação binocular

3.3.1 - População de estudo

Para esse experimento foram medidas 30 pessoas normais, sendo 10 do sexo masculino e 20 do sexo feminino, com idades variando entre 17 e 54 anos, (média=34,5). Todos os 30 sujeitos apresentavam acuidade visual no mínimo igual a 1 em ambos os olhos (medidos por tabela de Snellen), com correção quando necessária. Sendo todos submetidos a exame oftalmológico de rotina. Não foram encontradas patologias, exceto ametropias baixas em alguns casos. Os sujeitos foram selecionados entre funcionários, médicos residentes e pacientes do HCFMRP.

3.3.2 - Material e Métodos

O programa detalhado no item 3.1 foi utilizado da seguinte maneira: foi padronizado um nível de separação das barras de 12 "pixeis" (1 minuto de arco) e de largura da barra de 30" de arco. Cada sujeito fazia 10 alinhamentos das barras com olho direito, 10 alinhamentos com olho esquerdo e 10 alinhamentos binoculares. As seqüências OD/OE/AO; OE/AO/OD; AO/OD/OE, foram aleatorizadas através de sorteio para todos os participantes. No total 900 medidas foram analisadas.

3.3.3 - Resultados.

A figura 3 mostra os resultados obtidos quando as medidas monoculares foram comparadas com a binoculares.

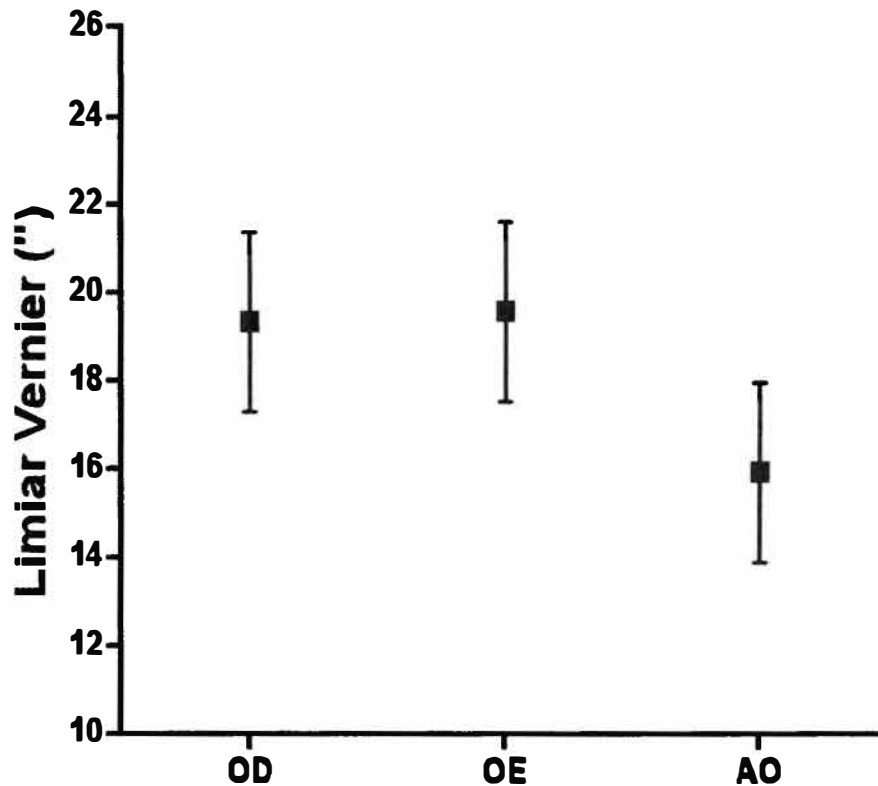


Figura 3 - Acuidade Vernier em condições monoculares (OD = olho direito, OE = olho esquerdo, e AO = ambos os olhos).

ANOVA em blocos casualizados, (sujeito) revelou diferenças significativas entre as condições de observação ($F = 4.053$, $p < 0.0177$). Análise *post hoc* pelo teste de Tukey, revelou que o limiar obtido binocularmente foi significativamente menor que os obtidos como o OD e OE, os quais não diferiram entre si.

3.4 - Experimento 4 : Variabilidade intra-individual em função da faixa etária

3.4.1- População de estudo

Para esse experimento foram avaliados 50 sujeitos normais, sendo 20 do sexo masculino e 30 do sexo feminino, com idades variando entre 5 e 48 anos (média de 25,7 anos), separados em 5 faixas etárias (5-10, 11-20, 21-30,31-40,41-50 anos), com 10 sujeitos em cada faixa etária. Todos apresentavam acuidade visual no mínimo igual a 1 em ambos os olhos (medidos por tabela de Snellen) com ou sem correção, tinham sido submetidos a exame oftalmológico de rotina e não apresentavam patologias, exceto ametropias baixas. Na faixa etária de 5-0 anos, participaram 6 sujeitos do sexo masculino e 4 do sexo feminino, com idade média de 6,9 anos; na faixa etária de 11-20 anos participaram 3 sujeitos do sexo masculino e 7 do sexo feminino, com idade média de 14,9 anos; na faixa etária de 21-30 anos participaram 4 sujeitos do sexo masculino e 6 do sexo feminino, com idade média de 26,3 anos; na faixa etária de 31-40 anos participaram 4 sujeitos do sexo masculino e 6 do sexo feminino, com idade média de 35,7 anos e na faixa etária de 41-50 anos participaram 3 sujeitos do sexo masculino e 7 sujeitos do sexo feminino, com idade média de 44,8 anos.

Nesse experimento, foram aproveitados os dados de medidas monoculares de 26 sujeitos do experimento anterior, e avaliados mais 24 voluntários selecionados entre funcionários, médicos residentes, e outros sujeitos do HCFMRP. Desse modo, 240 novas medidas foram acrescentadas ao estudo.

3.4.2- Material e Métodos

O programa detalhado no item 3.1. foi utilizado da seguinte maneira: utilizando a mesma configuração do experimento anterior, cada sujeito fazia dez alinhamentos das barras, inicialmente com os dois olhos para familiarização com o teste, em seguida os dados eram colhidos a partir de dez alinhamentos feitos com o olho direito. No total foram analisadas 500 medidas.

3.4.3 - Resultados

Na figura 4 estão representados os limiares Vernier médios e respectivos intervalos de confiança (95%) obtidos em função da faixa etária

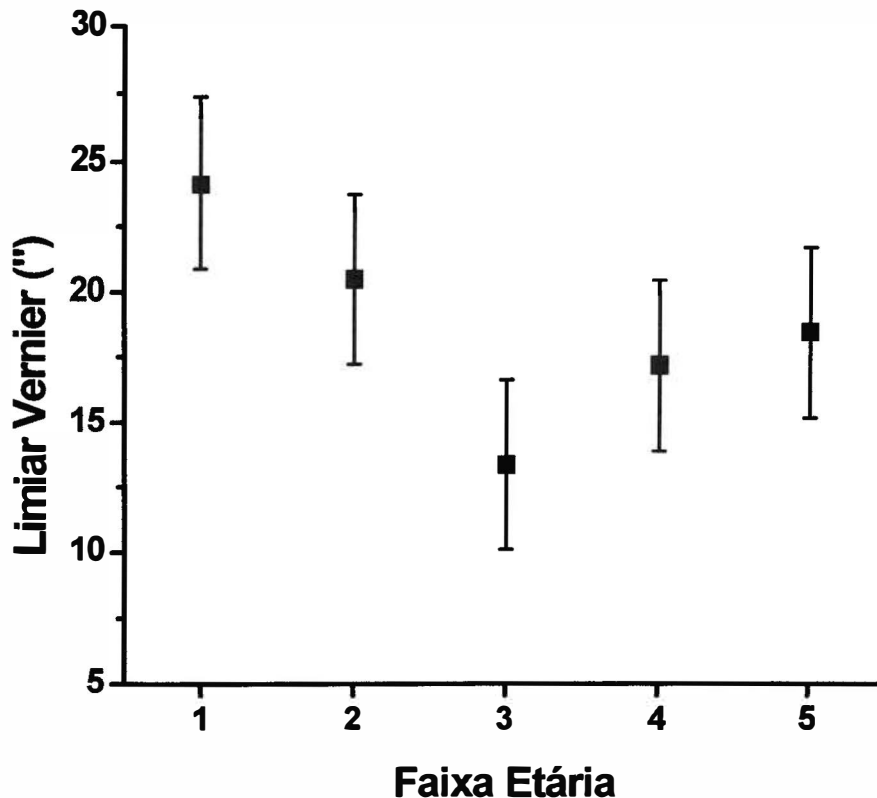


Figura 4 - Efeito da idade na acuidade Vernier. Faixa etária: 1= 5 a 10, 2 = 11 a 20, 3 = 21 a 30, 4 = 31 a 40 e 5 = 41 a 50 anos.

ANOVA unifatorial revelou diferenças significativas entre as faixas etárias estudadas ($F = 5,959$, $p = 0.0001$). Análise *post hoc* pelo teste de Tukey, revelou que os limiares obtidos na faixa etária 3 (21 a 30 anos) foram significativamente menores que os medidos nas faixas etárias (1 e 2) e não se diferenciaram dos obtidos nas faixas etárias (4 e 5).

As figuras subseqüentes analisam a variabilidade intraindividual de cada um dos sujeitos testados

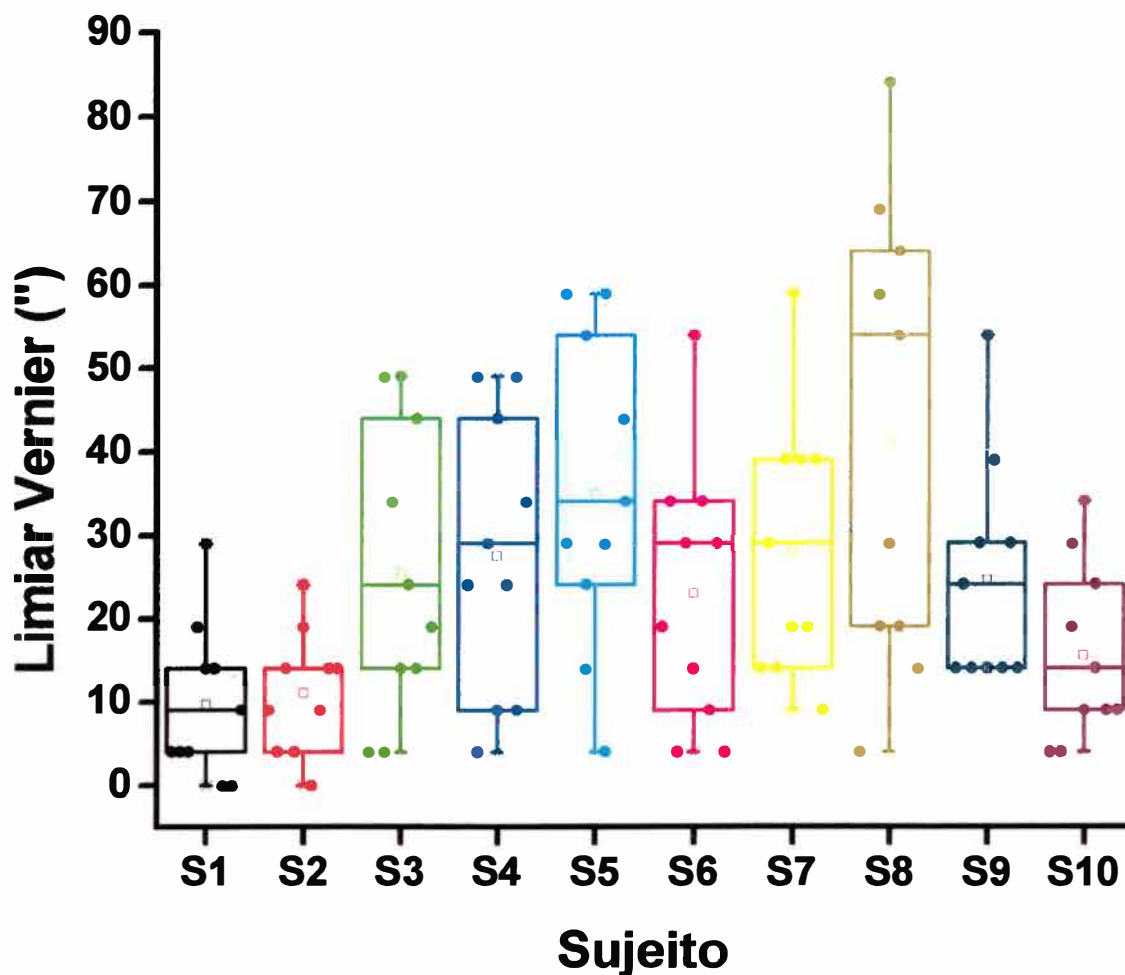


Figura 5 - Variabilidade das medidas intra-individuais de limiar Vernier obtidas na faixa etária 1 (5 a 10 anos). As linhas horizontais nos retângulos indicam o percentil 25% e 75%. A linha interna é a mediana. O símbolo no interior indica a média, e as linhas verticais marcam os percentis 5 e 95%.

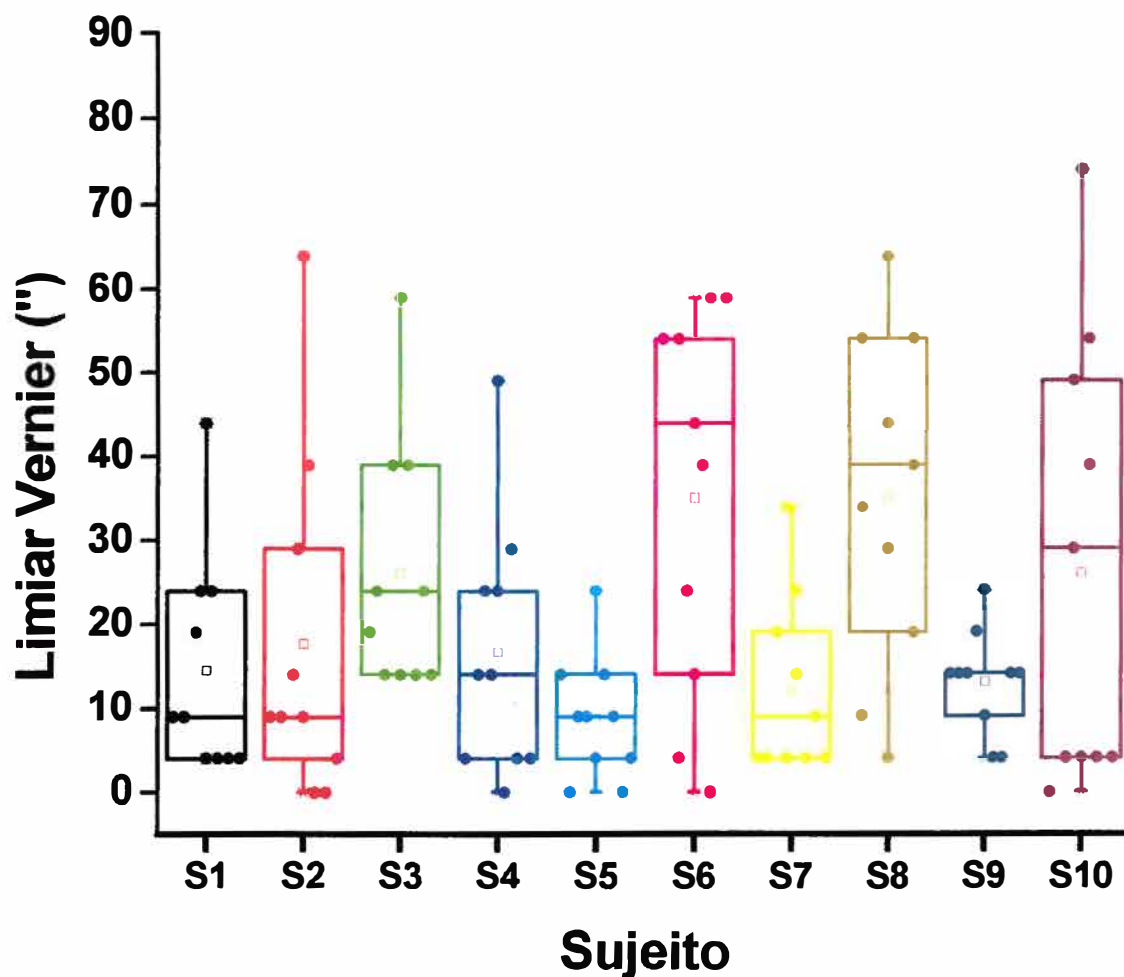


Figura 6 - Variabilidade das medidas intra-individuais de limiar Vernier obtidas na faixa etária 2 (11 a 20 anos). As linhas horizontais nos retângulos indicam o percentil 25% e 75%. A linha interna é a mediana. O símbolo no interior indica a média, e as linhas verticais marcam os percentis 5 e 95%.

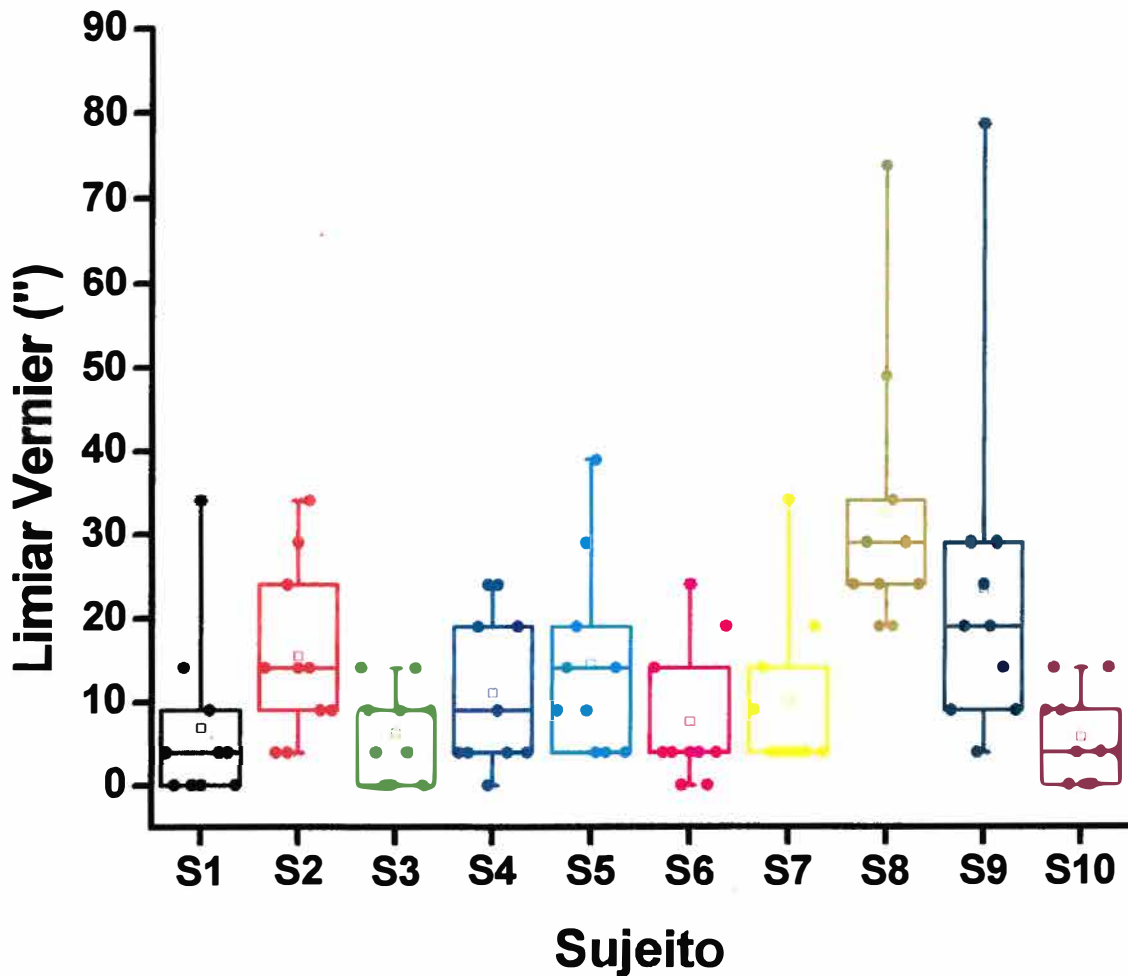


Figura 7 - Variabilidade das medidas intra-individuais de limiar Vernier obtidas na faixa etária 3 (21 a 30 anos). As linhas horizontais nos retângulos indicam o percentil 25% e 75%. A linha interna é a mediana. O símbolo no interior indica a média, e as linhas verticais marcam os percentis 5 e 95%.

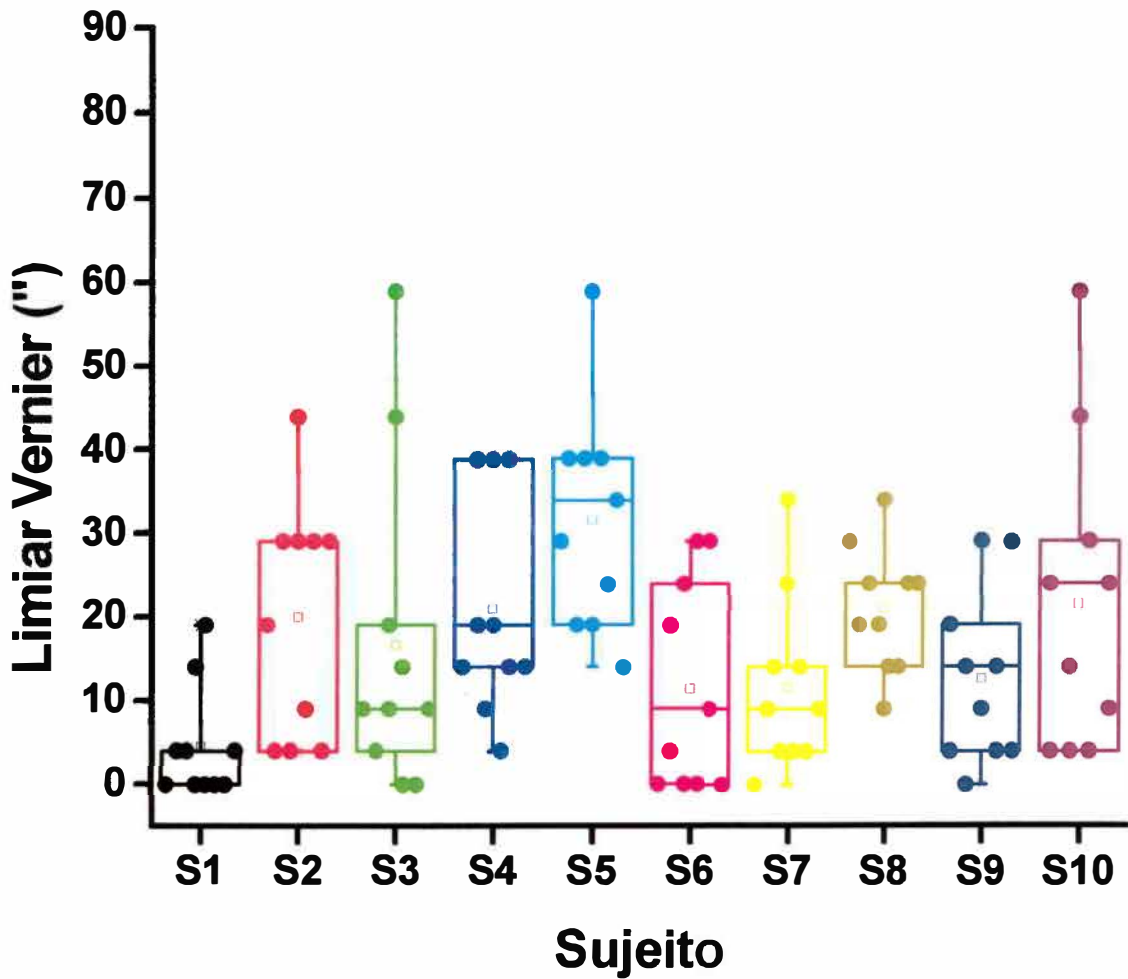


Figura 8 - Variabilidade das medidas intra-individuais de limiar Vernier obtidas na faixa etária 4 (31 a 40 anos). As linhas horizontais nos retângulos indicam o percentil 25% e 75%. A linha interna é a mediana. O símbolo no interior indica a média, e as linhas verticais marcam os percentis 5 e 95%.

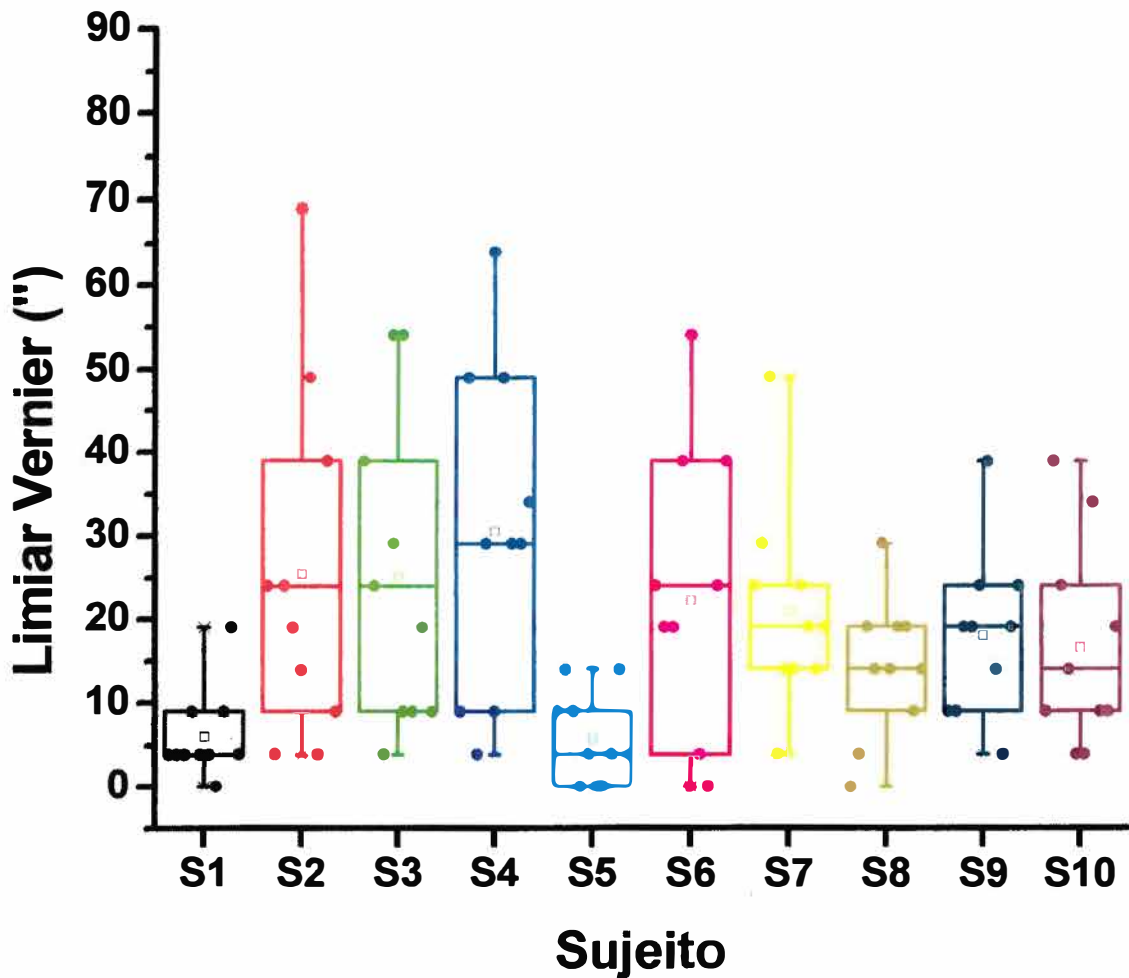


Figura 9 - Variabilidade das medidas intra-individuais de limiar Vernier obtidas na faixa etária 5 (41 a 50 anos). As linhas horizontais nos retângulos indicam o percentil 25% e 75%. A linha interna é a mediana. O símbolo no interior indica a média, e as linhas verticais marcam os percentis 5 e 95%.

A análise dos gráficos individuais revela que a variabilidade intra-individual foi considerável. De fato, como mostra a figura 10 a distribuição dos coeficientes de variação estendeu-se desde 20 a 160%.

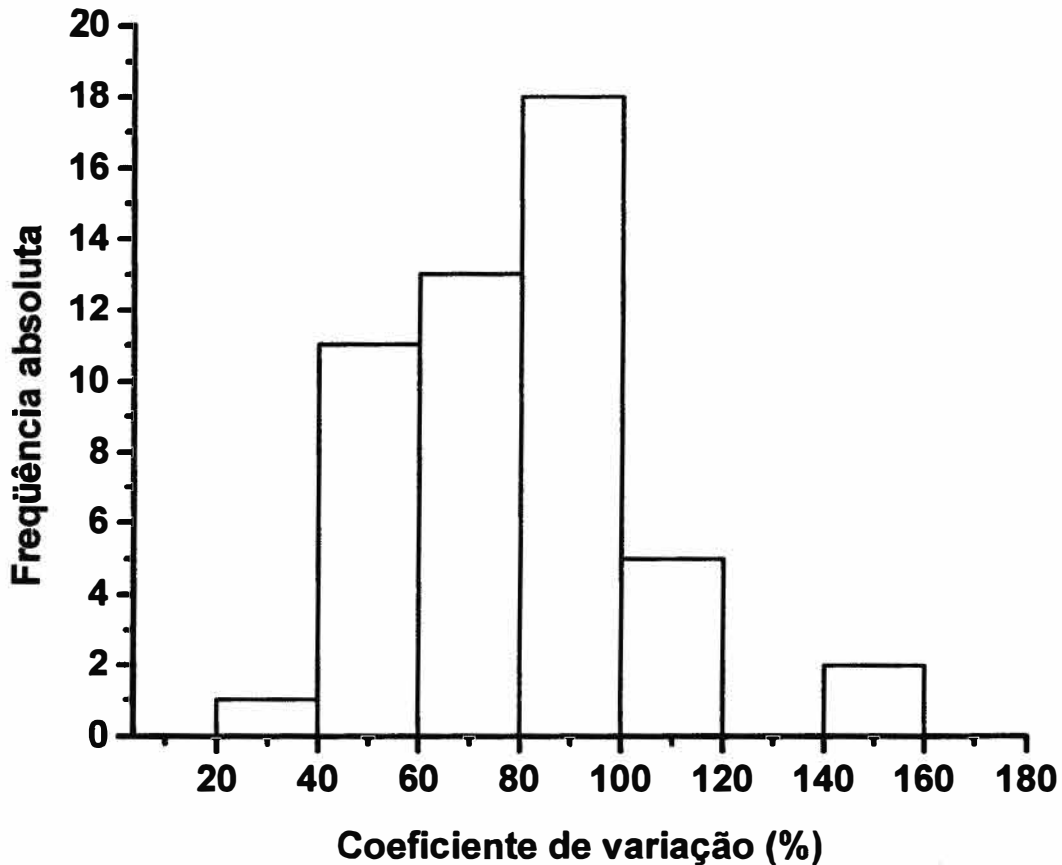


Figura 10 - Distribuição dos coeficientes de variação de medidas intra-individuais de acuidade Vernier.

A fórmula $n = t^2 \cdot s^2 / (d^2 \cdot x^2)$ permite o cálculo do número de medidas necessário para se obter uma média com uma precisão de, por exemplo, 10%. Na fórmula, n é o tamanho da amostra, para uma dada precisão na estimativa da média, t é o valor da tabela da distribuição t de student com $n'-1$ graus de liberdade e ao nível de 5% de probabilidade, n' é o número de medidas de uma amostra prévia, s^2 é a estimativa da variância das medidas, obtida através da amostra prévia, x é a estimativa da média das medidas, obtida através da amostra prévia e d é a precisão desejada na estimativa da média das medidas ($d=0,10$ representa um erro de 10% na estimativa da média das medidas).

A tabela 1 lista para cada um dos sujeitos testados, o valor médio do limiar Vernier, a variância intra-individual das medidas, o coeficiente de variação das mesmas e o cálculo do número de medidas necessário para que a média tenha uma precisão de 10 e 20%.

ANOVA unifatorial para o número de medidas nas faixas etárias revelou que o fator faixa etária não foi significativo ($F = 1,913$; $p = 0,1247$), ou seja, o número de medidas necessário a uma boa precisão da média não variou segunda a idade.

Tabela 1 - Valores relacionados a variabilidade das medidas intra-individuais de acuidade Vernier, nas diferentes faixas etárias: FE = faixa etária, S = sujeito, X = média, s^2 = variância, CV = coeficiente de variação, P = precisão da média, NM = número de medidas.

F.E	S	X	s^2	CV	P	NM	P	NM
1	1	9,7	86,90	96,1	0,10	472	0,20	118
1	2	11,1	54,10	66,3	0,10	224	0,20	56
1	3	25,5	305,83	68,6	0,10	240	0,20	60
1	4	27,5	278,06	60,6	0,10	188	0,20	47
1	5	35,0	354,44	53,8	0,10	148	0,20	37
1	6	23,0	254,44	69,4	0,10	246	0,20	61
1	7	28,0	248,89	56,3	0,10	162	0,20	41
1	8	41,5	762,50	66,5	0,10	226	0,20	57
1	9	24,5	185,83	55,6	0,10	158	0,20	40
1	10	15,5	111,39	68,1	0,10	237	0,20	59
X		24,1				230		58
2	1	14,5	174,72	91,2	0,10	424	0,20	106
2	2	17,7	420,01	115,8	0,10	685	0,20	171
2	3	26,0	228,89	58,2	0,10	173	0,20	43
2	4	16,6	230,93	91,5	0,10	428	0,20	107
2	5	8,70	54,01	84,5	0,10	364	0,20	91
2	6	35,1	524,32	65,2	0,10	217	0,20	54
2	7	12,0	112,22	88,3	0,10	398	0,20	100
2	8	35,0	398,89	57,1	0,10	166	0,20	42
2	9	13,0	37,78	47,3	0,10	114	0,20	29
2	10	26,1	711,88	102,2	0,10	534	0,20	133
X		20,5				350		88

3	1	6,90	111,66	153,1	0,10	1198	0,20	299
3	2	15,5	105,83	66,4	0,10	225	0,20	56
3	3	6,30	30,01	87,0	0,10	386	0,20	97
3	4	11,1	87,43	84,2	0,10	362	0,20	91
3	5	14,5	135,83	80,4	0,10	330	0,20	82
3	6	7,70	68,90	107,8	0,10	594	0,20	148
3	7	10,0	98,89	99,4	0,10	505	0,20	126
3	8	32,5	289,17	52,3	0,10	140	0,20	35
3	9	23,5	452,50	90,5	0,10	419	0,20	105
3	10	5,8	29,51	93,7	0,10	448	0,20	112
X		13,4				461		115
4	1	4,5	44,72	148,6	0,10	1128	0,20	282
4	2	20,0	198,89	70,5	0,10	254	0,20	63
4	3	16,7	382,68	117,1	0,10	701	0,20	175
4	4	21,0	173,33	62,7	0,10	201	0,20	50
4	5	31,5	179,17	42,5	0,10	92	0,20	23
4	6	11,4	157,38	110,0	0,10	619	0,20	155
4	7	11,6	109,82	90,3	0,10	417	0,20	104
4	8	21,0	56,67	35,8	0,10	66	0,20	16
4	9	12,6	108,49	82,7	0,10	349	0,20	87
4	10	21,5	345,83	86,5	0,10	382	0,20	96
X		17,2				421		105

5	1	6,10	27,43	85,9	0,10	377	0,20	94
5	2	25,5	444,72	82,7	0,10	349	0,20	87
5	3	25,0	348,89	74,7	0,10	285	0,20	71
5	4	30,5	383,61	64,2	0,10	211	0,20	53
5	5	5,80	29,51	93,7	0,10	448	0,20	112
5	6	22,2	324,40	81,1	0,10	336	0,20	84
5	7	21,0	145,56	57,5	0,10	169	0,20	42
5	8	14,1	68,99	58,9	0,10	177	0,20	44
5	9	18,0	98,89	55,2	0,10	156	0,20	39
5	10	16,5	151,39	74,6	0,10	284	0,20	71
Média		18,5				279		70

A figura 11 representa o cálculo do número de medidas necessário para que a média tenha precisão de 10% . Fica claro, que para todas as faixas, necessita-se de 100 a 700 medidas para se obter um valor médio com uma precisão razoável.

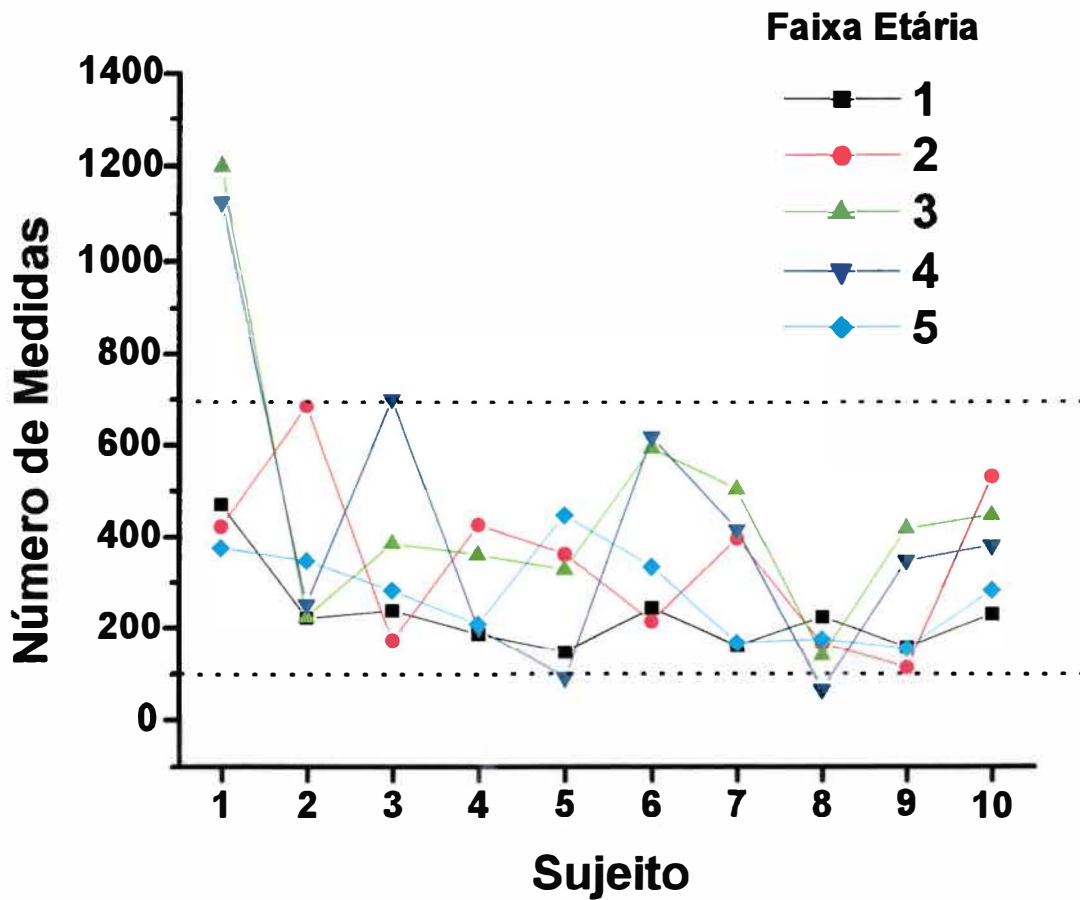


Figura 11 - Número mínimo de medidas para se obter um limiar Vernier médio com um erro estimado de 10%.

3.5 - Experimento 5: Medida da acuidade Vernier em pacientes amblíopes

3.5.1- População de estudo

Para esse experimento foram medidos 46 sujeitos amblíopes, selecionados no ambulatório de Oftalmologia do HCFMRP. A seleção foi feita a partir do comparecimento no ambulatório durante a fase da coleta dos dados do experimento e com o consentimento prévio dos pacientes para participar do experimento. Nesse grupo, dez pacientes eram amblíopes tratados, ou seja, pacientes que tiveram o diagnóstico de ambliopia prévia e alcançaram acuidade visual de 1 em ambos os olhos, após tratamento oclusivo. Os outros 36 pacientes restantes apresentavam acuidade visual assimétrica em diferentes intensidades, com a melhor correção.

Todos os pacientes foram submetidos a exame oftalmológico de rotina, e não apresentavam patologias em córnea, cristalino ou segmento posterior. Nesse grupo, altas ametropias e anisometropias foram detectadas.

A medida da acuidade visual foi feita com uma Tabela de Snellen, e o registro da acuidade era dado quando o paciente acertava 50% dos optotipos mais um, daqueles apresentados naquela linha.

Desses 46 pacientes, 24 eram do sexo masculino e 22 do sexo feminino, com idade variando de 5 a 62 anos (média=16,33). Quanto ao alinhamento ocular, 5 eram ortotrópicos, 27 esotrópicos e 14 exotrópicos. Subdividindo a população desse experimento em amblíopes tratados (sem diferença de acuidade visual) e amblíopes (com diferença de acuidade visual), tivemos, nos amblíopes tratados, 4 do sexo masculino e 6 do sexo feminino, com idade variando de 8 a 11 anos (média=9) e todos

apresentando esotropia. Nos amblíopes tivemos 20 sujeitos do sexo masculino e 16 do sexo feminino, com idade variando de 5 a 62 anos (média=18,33), sendo 5 ortorrópicos, 17 esorrópicos e 14 exorrópicos.

Para efeito de estudo, os grupos foram divididos quanto à diferença da acuidade visual. Ou seja, diferença igual a zero, foi o grupo de amblíopes tratados com acuidade visual 1,0 em ambos os olhos. Diferença igual a 0,1, pacientes com acuidade visual 1,0 e 0,9; diferença igual a 0,2, pacientes com AV 1,0 e 0,8 e assim sucessivamente, diferença 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 e 0,9. Nessa amostra não conseguimos pacientes com diferenças iguais a 0,7 e 0,8, ou seja, pacientes com acuidade visual de 1,0 e 0,3 e pacientes com acuidade de 1,0 e 0,2. A Tabela 2 sumaria as principais características clínicas da amostra estudada. As refrações foram todas medidas com cicloplegia.

Tabela 2 - Características clínicas dos pacientes amblíopes

Paciente	Desvio	Diferença interocular de AV	Refração	
			Olho fixador	Olho amblíope
1	ETOE	0	2,50 = -1,0 165°	2,75 = -4,0 15°
2	ETOE	0	1,75 = - 0,75 180°	1,75 = - 0,50 180°
3	ETALT	0	2,50	3,25 = - 0,75 10°
4	ETOD	0	3,0 = - 0,50 30°	7,0 = - 1,0 180°
5	ETOE	0	7,0 = -1,25 180°	7,75 = -1,75 180°
6	ETOD	0	1,00 =-0,50 180°	1,75 = - 0,50 90°
7	ETOD	0	-0,50 180°	1,0=-1,0 180°
8	ETOE	0	1,75	1,75
9	ETOD	0	0,75 = - 0,50 30°	0,50 = - 0,50 30°
10	ETOD	0	-13,50 = -2,0 180°	-14,50 = - 1,50 180°
11	ETOD	0,1	1,50	1,50
12	XTOE	0,1	3,0 = - 1,0 180°	3,50 = - 0,50 180°
13	ETOD	0,1	2,50 = - 0,75 180°	2,50 = -2,0 180°
14	XTALT	0,2	0,75 = - 0,25 120°	1,50 = -1,50 170°
15	XTALT	0,2	-1,50=-1,0 140°	-5,50 =-1,0 55°
16	XTALT	0,2	-7,75=-1,25 30°	-8,50 =-1,0 160°
17	XTOD	0,2	0,50=-0,50 180°	1,0=-0,50 180°
18	ETALT	0,2	6,25 = - 1,25 30°	6,25 = - 0,75 90°
19	ETOD	0,2	0,75 = - 0,25 180°	- 3,0 = - 2,0 180°
20	XTOE	0,2	0	0,25 = - 0,75 90°
21	ORTO	0,2	- 1,0 170°	- 1,50 20°
22	ETOE	0,3	0	-2,0 60°
23	ETALT	0,3	2,75=-1,0 180°	3,50=-2,25 180°

Paciente	Desvio	Diferença interocular de AV	Refração	
			Olho fixador	Olho amblíope
24	ETOE	0,3	4,0 = -2,25 180°	6,50 = -2,25 180°
25	ETOD	0,3	2,25 = - 1,75 180°	3,0 = -2,0 180°
26	ETOE	0,4	0	-0,75 55°
27	XTOD	0,4	3,0 =-1,75 180°	1,50 =-2,0 30°
28	XTOD	0,4	0,50	1,25=- 0,75 180°
29	ORTO	0,5	-0,25 80°	-2,50 30°
30	XTOD	0,5	0,25=-0,25 180°	0,25
31	ETOD	0,6	2,0 = -2,50 180°	1,0=-2,50 180°
32	ETOE	0,6	1,0=-1,0 90°	- 5,0=- 0,50 90°
33	ETOD	0,6	-0,25	-0,25 = -0,25 180°
34	ORTO	0,9	0,25	3,25 =-0,75 180°
35	ETOE	0,9	5,50=-2,50 5°	7,25 =-3,25 15°
36	XTOE	0,9	-0,25 80°	-2,0
37	ETOE	0,9	3,50 =-1,0 105°	4,0=-1,75 150°
38	ETOE	0,9	-1,25	-0,75=-0,25 60°
39	ETOE	0,9	3,50=-1,50 180°	4,50=-0,50 180°
40	ETOE	0,9	2,0	1,25
41	XTOD	0,9	1,50	1,50=-0,50 180°
42	ORTO	0,9	1,25	4,0
43	ORTO	0,9	-0,50 =-0,25 90°	-2,25 =-3,75 90°
44	ETOE	0,9	0,50	1,0 =-0,25 180°
45	XTOE	0,9	1,0	1,50 =-1,0 90°
46	XTOD	0,9	1,0	-3,75 80°

3.5.2- Material e Métodos

O programa detalhado no item 3.1 foi utilizado da seguinte maneira: utilizando o nível de separação das barras de 12 “pixels” (1 minuto de arco), cada sujeito fazia 10 alinhamentos das barras inicialmente com os dois olhos, seguidos de dez alinhamentos com o olho fixador e dez alinhamentos com o olho ambliope, nessa seqüência.

Para os olhos com acuidade visual igual a 1, a separação entre as barras foi de 1,0' e a largura das mesmas igual a 30". Para que os olhos com diminuição da acuidade visual pudessem perceber as barras, a largura das mesmas foi escalonada aumentando-se a largura das barras proporcionalmente às diferentes acuidades visuais como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 -Escalonamento do valor angular da largura das barras.

Acuidade visual	Número de “pixels”	Largura das barras (mm)	Valor angular das barras (")
1	6	1,56	30
0,9	7	1,82	35
0,8	8	2,08	40
0,7	9	2,34	45
0,6	10	2,60	50
0,5	12	3,12	60
0,4	15	3,9	75
0,3	20	5,20	100
0,2	30	7,8	150
0,1	60	15,6	300

3.5.3 - Resultados

Finalmente, os dados obtidos com os amblíopes estão apresentados nas figuras subseqüentes de número 12 a 16. Os pacientes foram separados pela magnitude de assimetria interocular de acuidade visual.

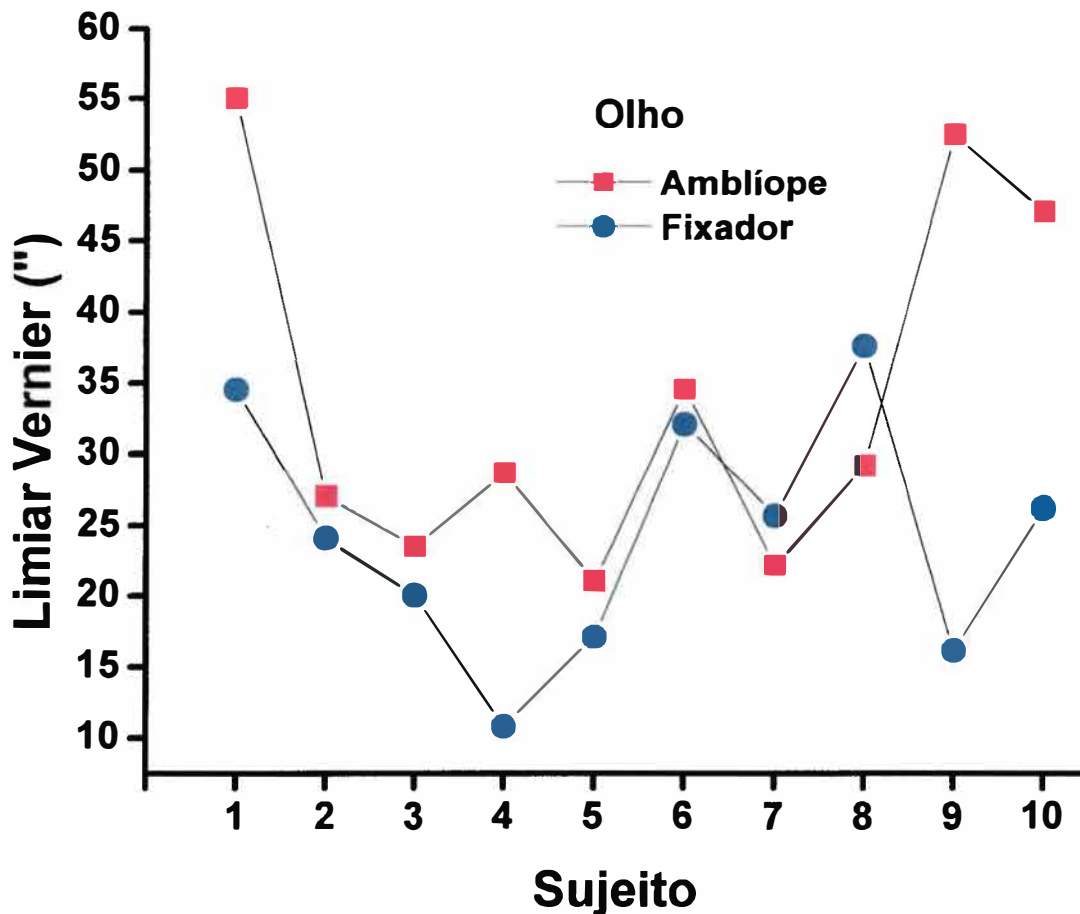


Figura 12- Limiares Vernier obtidos em um grupo de amblíopes tratados sem diferença inter-ocular de acuidade visual (olho fixador e olho "amblíope" com acuidade visual = 1,0).

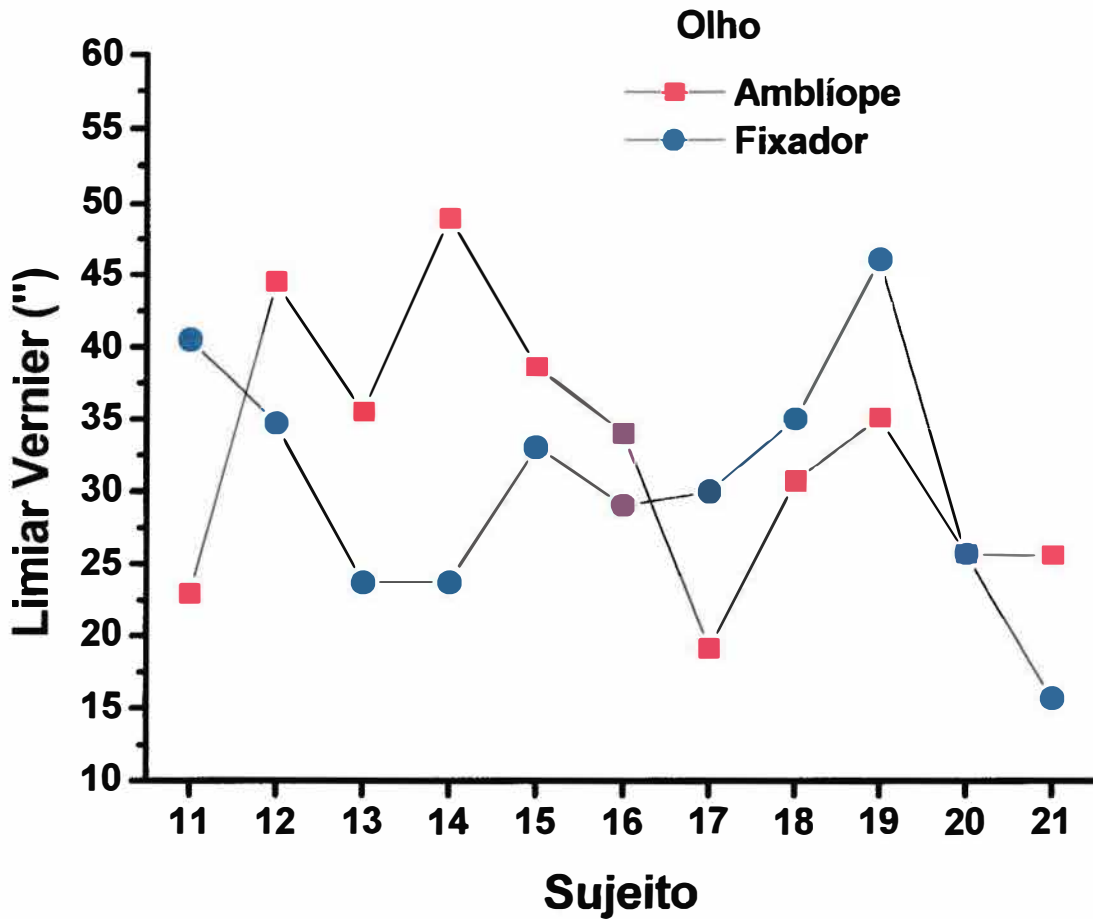


Figura 13 - Limiares Vernier obtidos em um grupo de amblíopes com diferença inter-ocular de acuidade visual de 0,1 a 0,2 (olho fixador = 1,0 e olho “amblíope” com acuidade visual = 0,9 a 0,8).

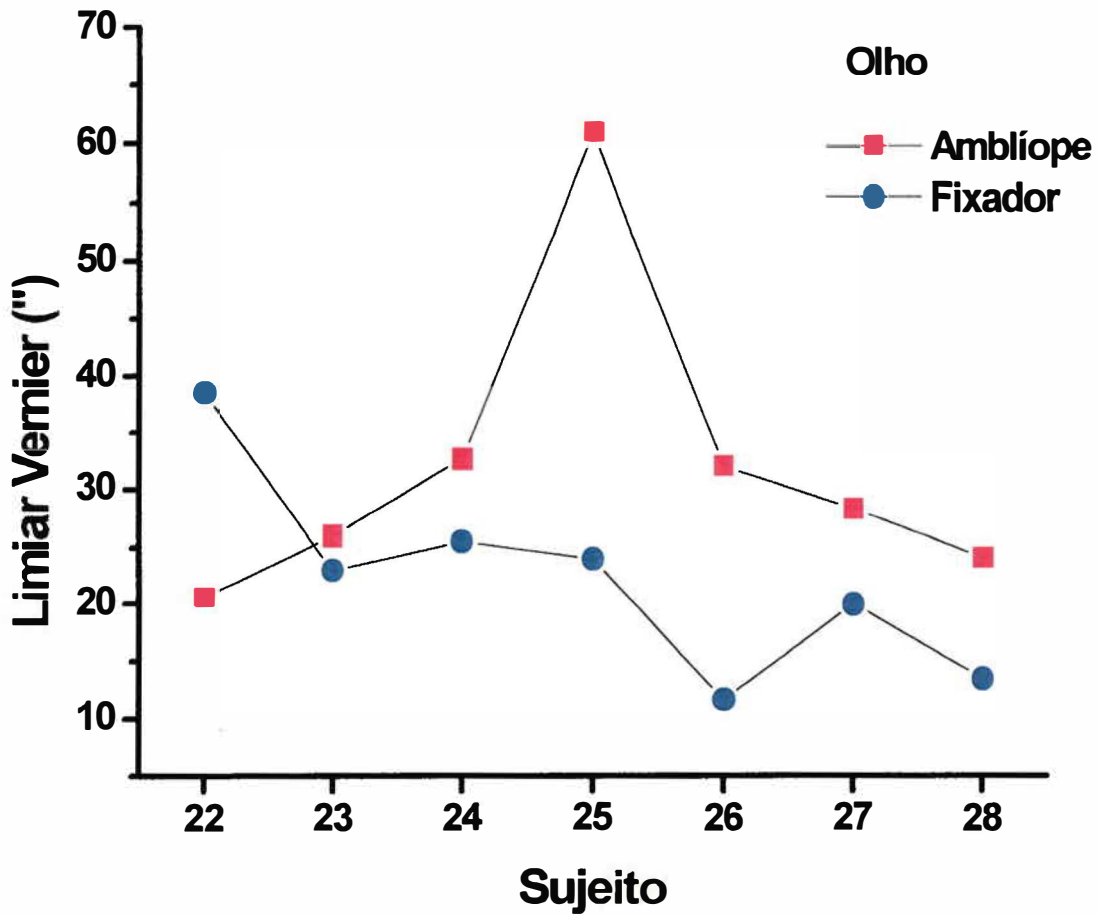


Figura 14 - Limiares Vernier obtidos em um grupo de amblíopes com diferença inter-ocular de acuidade visual de 0,3 a 0,4 (olho fixador = 1,0 e olho "amblíope" com acuidade visual = 0,7 a 0,6).

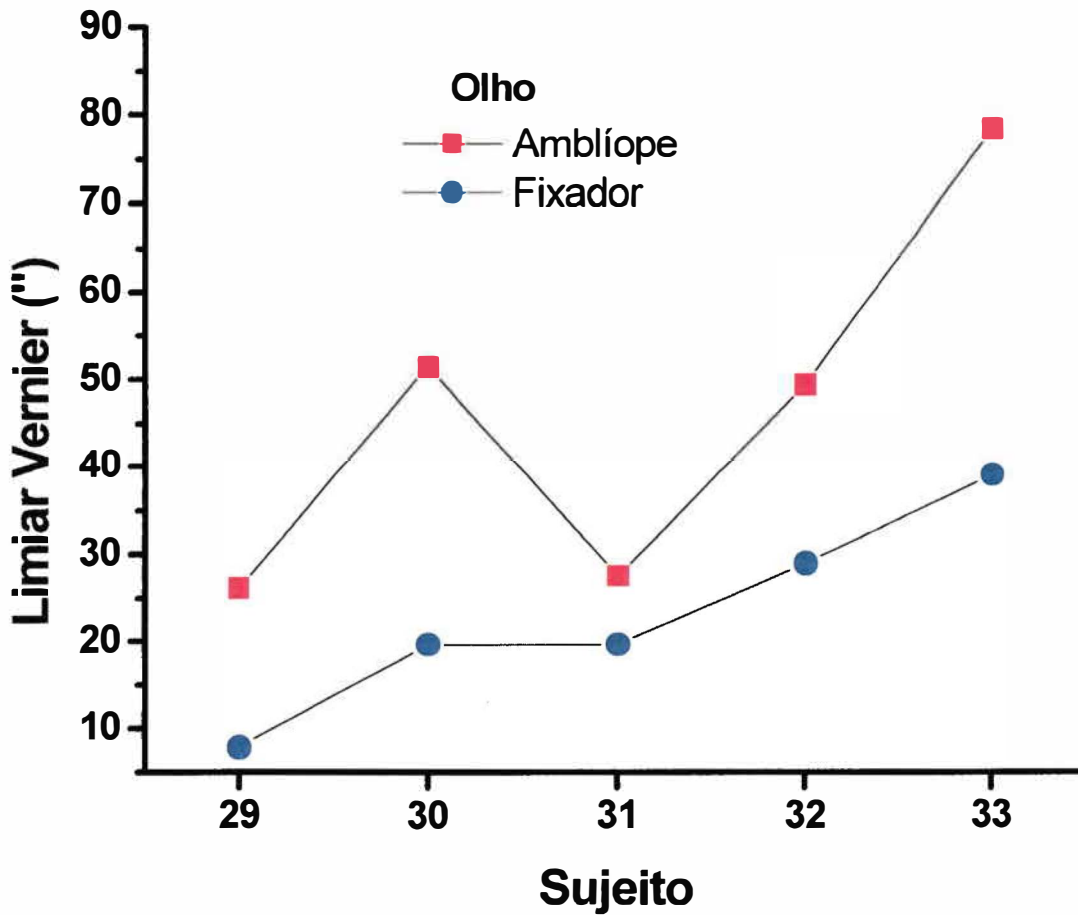


Figura 15 - Limiares Vernier obtidos em um grupo de amblíopes com diferença inter-ocular de acuidade visual de 0,5 a 0,6 (olho fixador = 1,0 e olho “amblíope” com acuidade visual = 0,5 a 0,4).

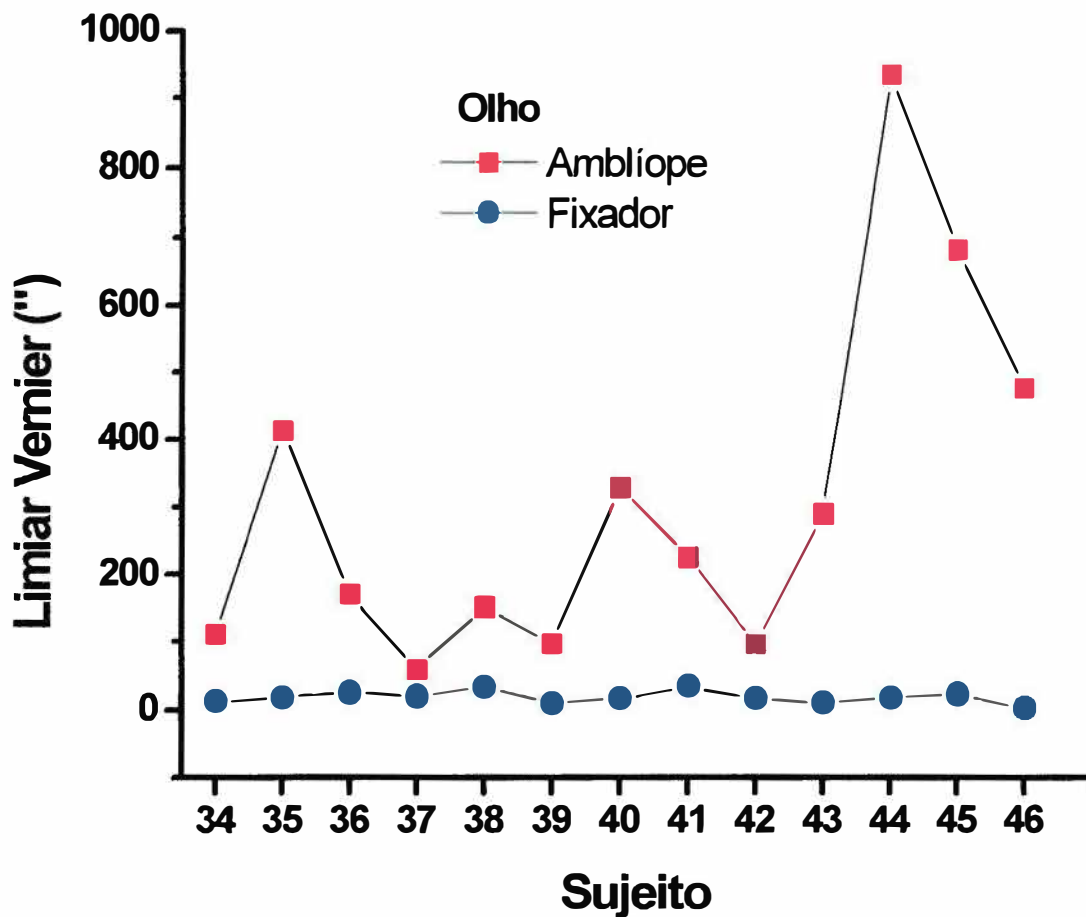


Figura 16 - Limiares Vernier obtidos em um grupo de amblíopes com diferença inter-ocular de acuidade visual de 0.9 (olho fixador = 1,0 e olho “amblíope” com acuidade visual = 0,1).

4-DISSCUSSÃO

Apesar do conceito de hiperacuidade remontar ao século XIX, pois foi primeiramente descrita em 1892, por Wülfing, os mecanismos neurais envolvidos com esse tipo de discriminação ainda não estão plenamente esclarecidos. O fato de seus limiares serem muito menores que o tamanho dos elementos do mosaico retiniano indica, como concluiu Hering, em 1899, que esse processo visual transcende os mecanismos de simples receptores e que tais discriminações de linhas interrompidas ou disparidades retinianas são por demais pequenas para serem explicadas com base no diâmetro de um único receptor (Westheimer, 1975).

A acuidade Vernier, que é um tipo específico de hiperacuidade, ainda é assunto muito pouco estudado na clínica. Por acuidade Vernier, entende-se a capacidade que tem o sistema visual de detectar desalinhamentos entre duas linhas, barras ou pontos (Westheimer, 1975). Como, em pessoas normais, os limiares Vernier atingem valores de 4 a 12 segundos de arco (Westheimer, 1975; Williams, Enoch & Essock, 1984; Wilson, 1986), a geração de estímulos clínicos sempre foi muito difícil. De fato, utilizando-se os clássicos testes de acuidade impressos, a medida da acuidade Vernier é quase impossível. Os poucos testes impressos referidos na literatura foram usados em paradigma de olhar preferencial para a tentativa de medidas de acuidade Vernier em bebês (Hopkisson, Arnold, Billingham, McGarrigle & Entwistle, 1991; Holmes & Archer, 1993). Com o avanço e popularização dos recursos da informática, a geração de testes para uso clínico tornou-se mais factível. Vale lembrar que a geração computadorizada de estímulos Vernier há muito já era estratégia usada pela maioria dos laboratórios de psicofísica (Stigmar, 1971; Essock, Williams, Enoch & Raphael, 1984; Shimojo, Birch,

Gwiazda & Held, 1984; Shimojo & Held, 1987; Mckee, Welch, Taylor & Bowne, 1990; Graf & Dietrich, 1994).

O programa desenvolvido especificamente para a medida da acuidade Vernier do presente trabalho foi compreendido com facilidade pelos sujeitos recrutados para os experimentos. Mesmo para pacientes não familiarizados com o manuseio de computador, uma simples demonstração do teste tornou-os aptos a alinhar as barras. Todos, das crianças aos adultos, puderam ser adequadamente testados. Concorreu para essa eficácia a escolha do método psicofísico de medida. Como sugerido por Fendick (Fendick, 1984; Odom, Vasquez, Schwartz & Linberg, 1989; Cox, Suh & Leguire, 1996), o método do ajuste foi importante. De fato, a utilização de outros métodos como o do *staircase* (Shimojo, Birch, Gwiazda & Held, 1984; Shimojo & Held, 1987) ou dos estímulos constantes (Levi & Polat, 1996; Levi, Polat & Hu, 1997) alonga o tempo de medida tornando-os de difícil utilização clínica.

Em termos metodológicos a combinação do método de ajuste e estímulo computadorizado torna a medida da acuidade Vernier passível de ser empregada na clínica. A esse respeito, os dados do experimento 2 foram concordantes com outros já relatados na literatura. Nas 6 diferentes separações entre as barras testadas, as separações de "0", 1 e 2 minutos de arco não diferiram entre si. Separações maiores degradaram sobremaneira a resolução Vernier, obtendo-se típica função "gap/limiar (Figura 2)" (Essock, Williams, Enoch & Raphael, 1984; Williams, Enoch & Essock, 1984; Whitaker & MacVeigh, 1991).

Uma questão importante na clínica é a da somação binocular, ou seja, se com os

dois olhos há alguma melhora do limiar monocular. Esse efeito, amplamente conhecido na acuidade visual, é controverso em relação à acuidade Vernier. De fato, alguns trabalhos negam a existência do fenômeno (Frisén & Lindblom, 1988), enquanto outros afirmam o contrário (Freeman & Bradley, 1980; Banton & Levi, 1991). Os resultados obtidos mostraram que com os dois olhos houve melhora significativa na medida, indicando a presença do efeito de somação binocular (Figura 3).

Outro aspecto controverso da acuidade Vernier é a influência do envelhecimento nessa função. Os resultados do experimento 4 mostraram diferenças significativas entre as faixas etárias estudadas. Na faixa de 21 a 30 anos, o limiar médio foi significativamente menor do que aquele medido nas crianças (5 a 10 anos). Contudo eles não se diferenciaram dos obtidos nas faixas etárias de 31-40 anos e 41-50 anos (Figura 4).

Muitos trabalhos estudaram, em laboratório, a acuidade Vernier em função da idade. Quantificando-se a acuidade Vernier com técnica do olhar preferencial, mostrou-se que, logo após o nascimento, a acuidade Vernier é pior do que a acuidade visual (medida com redes) e que em torno dos 4 meses há melhora abrupta na discriminação Vernier que então ultrapassa a acuidade visual (Shimojo, Birch, Gwiazda & Held, 1984; Shimojo & Held, 1987; Graf & Dietrich, 1994).

Alguns autores sugerem que a evolução da acuidade Vernier estende-se por um período ainda maior, pois diferenças significativas existem entre as medidas de crianças com 5 anos e aquelas de adultos (Cox, Suh & Leguire, 1996; Carkeet, Levi & Manny, 1997). Esses achados da melhora da acuidade Vernier com a idade das crianças, que foram corroborados pelo presente trabalho, podem tanto ser devidos a processos de

maturação cortical no sistema visual, como também devidos a outros fatores tais como motivação e atenção, que melhoram em crianças maiores e adultos (Cox, Suh & Leguire, 1996). Assim, a melhora no desempenho na faixa etária entre 21-30 anos, verificada no atual trabalho, pode ser atribuída a vários fatores: adultos jovens cujos processos de maturação cortical estavam concluídos e com maior motivação, uma vez que o teste exige atenção e esse grupo foi composto, na sua maioria, de funcionários e médicos residentes. Isso significa que não se pode afastar uma contaminação dos resultados desse tipo de comparação (crianças *versus* adultos) por fatores culturais e cognitivos. Aumento ulterior da idade, parece pouco afetar a acuidade Vernier. Vários trabalhos têm sugerido que a acuidade Vernier não piora com a senilidade (Whitaker, Elliott & Macveigh, 1992; Lakshminarayanan & Enoch, 1995; Yebra-Pimentel-Vilar, Giraldez-Fernandez, Enoch, Lakshminarayanan & Knowles; Srinivasan, 1995; Enoch, Werner, Haegerstrom-Portnoy, Lakshminarayanan & Rynders, 1999). No atual trabalho, nas faixas etárias 31-40 e 41-50 anos não houve diferença significativa entre os resultados, dados concordantes com aqueles da literatura.

Um aspecto extremamente relevante para o uso clínico de qualquer medida psicofísica diz respeito à variação intra-individual da medida, ou seja, a estabilidade e confiabilidade do teste. A imensa maioria dos trabalhos sobre acuidade Vernier encontrada na literatura tem cunho laboratorial. Usam pequeno número de sujeitos, muitos dos quais extremamente experientes, inclusive, em alguns trabalhos, os próprios autores (Westheimer & Mckee, 1977; Williams, Enoch & Essock, 1984; Bradley & Skottun, 1987; Whitaker & MacVeigh, 1991). Além disso, ainda submetem os examinados a

treinamentos exaustivos, ou seja, os sujeitos treinados por horas, em várias sessões obtendo-se centenas a milhares de medidas antes da quantificação definitiva do limiar. Muitos de tais treinos são feitos com reforço operante, isto é, o sujeito é informado sobre o seu desempenho e motivado a melhorar (Stigmar, 1971; Westheimer & Hauske, 1975; Westheimer & Mckee, 1975, 1977; Westheimer, Shimamura & Mckee, 1976; Westheimer, 1982; Williams, Enoch & Essock, 1984; Schor & Badcock, 1985; Bradley & Skottun, 1987; Fahle & Schmid, 1988; Whitaker & MacVeigh, 1991; Chung & Levi, 1997). Há, por exemplo, um trabalho que avaliou 41 sujeitos inexperientes e que, após treino de 10000 medidas, os limiares médios decresceram monotonicamente. Acrescenta também que treino com avaliação do erro levava ao aprendizado mais rápido (Fahle & Edelman, 1993). Se considerarmos que a prática exaustiva melhora o desempenho Vernier (Mckee & Westheimer, 1978; Fahle & Edelman, 1993; Saarinen & Levi, 1995b; Levi, Polat & Hu, 1997), a transposição desses resultados para um contexto clínico deve ser evitada. De fato, na clínica os pacientes têm diferentes níveis socioeconômicos e culturais, variados graus de motivação, tempo limitado e, portanto, dificilmente podem ser treinados exaustivamente antes de serem medidos.

Ao analisar-se a variação intra-individual dos sujeitos em função da faixa etária (experimento 4), e considerando que todos os pacientes apresentavam acuidade visual 1,0 em ambos os olhos, os resultados encontrados indicaram forte variação das medidas (Figuras de 5 a 9). A classe do valor modal dos coeficientes individuais de variação foi a de 80% a 100% (Figura 10). Calculando-se o número de medidas necessárias para se obter um valor médio com precisão de 10%, obteve-se, em todos os grupos etários,

valores entre 100 e 700, dificilmente aplicáveis em testes clínicos (Figura 11). Por ser um limiar pequeno da ordem de segundos de arco, qualquer pequena desatenção implica em grandes variações na medida. No caso presente, um erro de um “pixel” equivalia a 5” de arco de diferença. Isso explica porque a necessidade de um grande número de medidas para se obter uma média mais precisa.

A ambliopia foi a condição clínica escolhida para o teste do emprego da acuidade Vernier. A razão deve-se ao fato de vários autores citarem a medida da acuidade Vernier como indicador sensível para a ambliopia (Levi & Klein, 1982; Cox, Suh & Leguire, 1996; Levi & Polat, 1996; Levi, Polat & Hu, 1997).

Os limiares Vernier encontrados no grupo de amblíopes (experimento 5) foram analisados segundo o grau de assimetria de acuidade visual entre o olho fixador e o amblíope. Em todos os grupos analisados a acuidade Vernier do olho amblíope foi, na maior parte dos sujeitos, pior do que a do olho fixador (Figuras de 12 a 16). Contudo, nos grupos onde a assimetria interocular de acuidade visual era menor (de 0 a 0,3), houve sujeitos nos quais o limiar Vernier do olho fixador foi pior do que o do olho amblíope, ou seja, a acuidade Vernier não separou todos os sujeitos com assimetria de acuidade visual. Além disso, dentro de um mesmo grupo de olhos com ambliopia intensa (olhos com acuidade igual a 0,1) os limiares Vernier variaram muito.

É possível que, como sugerem os resultados do experimento precedente, se esses sujeitos tivessem sido medidos muito mais vezes, ou seja, tivessem recebido um treino semelhante aos descritos nos trabalhos, talvez a variância dos dados fosse menor e as diferenças entre os olhos amblíopes e fixadores mais constantes.

A ambliopia é caracterizada por uma marcada imprecisão espacial, pois a habilidade dos amblíopes para julgar posições, espessuras e orientações é menor que a de observadores normais. Segundo Levi, essas perdas na precisão do julgamento espacial são correlacionadas à baixa de acuidade visual (Levi,1988). Esse autor comparou a acuidade visual à acuidade Vernier e relatou que as duas são afetadas de maneira semelhante no processo ambliopigênico. No entanto, correlações não implicam em correspondências perfeitas. Diferentemente da acuidade de Snellen a acuidade a barras é menos afetada na ambliopia, talvez por envolver apenas a detecção da presença das linhas e não a discriminação das relações espaciais críticas de detalhes finos.

Ainda segundo Levi, existem diferenças fundamentais entre a ambliopia anisométrica e a estrabísmica (Levi,1988). Na ambliopia anisométrica a perda da informação posicional é proporcional à redução da sensibilidade ao contraste. Nos amblíopes estrábicos, ao contrário, há uma maior perda da acuidade, freqüentemente acompanhada por intensas aberrações espaciais. Essas perdas do amblíope estrábico não estão totalmente explicadas pela redução da sensibilidade ao contraste ou da resolução. A hipótese mais convincente é que a perda de neurônios ou a desorganização de seus sinais sejam o fator fundamental para o alto grau de alterações posicionais mostradas por esses sujeitos (Levi, 1988).

No presente trabalho, a grande maioria dos sujeitos amblíopes estudados foi de estrábicos e de estrábicos/anisométricos. Não foi objetivo de estudo a comparação do desempenho dos estrábicos e do pequeno número de não estrábicos.

Há trabalhos que discutem a possível plasticidade neural em adultos amblíopes

(Levi & Polat, 1996; Levi, Polat & Hu, 1997). No primeiro trabalho, a acuidade Vernier de seis sujeitos amblíopes (cinco deles experientes) foram medidas em diferentes orientações e, em uma delas, foi dado um treino de 4000 a 5000 medidas. Os autores desse trabalho concluíram que após medidas exaustivas do olho amblíope, pelo método do estímulo constante associado ao reforço em uma orientação, houve grande melhora na orientação treinada e pouca melhora nas outras orientações. Sugerindo que fatores cognitivos e neurais podem contribuir para a melhora verificada na acuidade Vernier e que não ocorreu transferência de aprendizado de uma orientação para outra (Levi & Polat, 1996). No segundo trabalho, 11 sujeitos foram estudados pelo método do estímulo constante (cinco experientes e seis não treinados). Após treino de 5000 vezes em uma orientação, houve melhora mais acentuada na orientação treinada do olho amblíope testados, sendo que o desempenho melhor foi aquele dos sujeitos com experiência prévia.

Os mecanismos envolvidos na flutuação do limiar Vernier com a prática não são perfeitamente compreendidos. Há sugestões de que, no mínimo, dois processos devem estar atuando: o primeiro é que um processo lento que envolve modificações neurais e requer consolidação, havendo aprendizado entre as sessões. Esse processo é altamente específico e duradouro. Muitos dos observadores demonstraram um significativo aprendizado entre as sessões, apesar de *performances* ruins dentro de uma sessão. Se desempenhos ruins refletirem conseqüências da adaptação, do *cansaço* ou de outros efeitos, esses necessitam de posteriores avaliações. O outro é um processo rápido dentro da sessão, que parece ter base neural. Ambos os processos podem contribuir para o fino ajuste do circuito neural no córtex visual (Levi, Polat & Hu, 1997).

Nenhuma base bioquímica ou fisiológica foi aventada para explicar essa plasticidade neural. Parece claro, no entanto, que a medida da acuidade Vernier do olho amblíope e não amblíope é lábil, sendo fortemente influenciada por experiência prévia.

O conjunto dos dados torna pertinente questionar se a medida da acuidade Vernier tem algum papel na caracterização clínica da ambliopia. A acuidade Vernier como a visual sofrem efeitos da interferência espacial, excentricidade retiniana (Westheimer, Shimamura & Mckee, 1976; Fahle & Schmid, 1988), contraste (Bradley & Skottun, 1987; Rabin, 1993) e orientação do teste (Westheimer, Shimamura & Mckee, 1976; Westheimer, 1981, 1982; Saarinen & Levi, 1995a). Esses dados sugerem fortemente que essas duas medidas são correlacionáveis. Alguns autores expressam claramente esse ponto de vista (Levi & Polat, 1996; Levi, Polat & Hu, 1997). Variáveis correlacionáveis fornecem o mesmo tipo de informação. Esse fato, aliado à plasticidade da medida do limiar Vernier e à necessidade de grande número de medidas para a obtenção de uma média precisa, indica que não há vantagem aparente no uso da acuidade Vernier para a caracterização clínica da ambliopia.

5-CONCLUSÕES

- ❑ A medida da acuidade Vernier é fácil de ser implementada na clínica, com recursos de informática e com a utilização do método do ajuste.

- ❑ A somação binocular está presente na acuidade Vernier.

- ❑ Há nítida melhora na acuidade Vernier quando se comparam os adultos em relação às crianças.

- ❑ A variabilidade intra-individual na obtenção do limiar Vernier é considerável, e foi estimado que, na maioria dos sujeitos, há necessidade de 100 a 700 medidas para se obter uma medida com precisão de 10%.

- ❑ Nas condições usuais, a medida da acuidade Vernier não foi adequada para a caracterização clínica da ambliopia.

6-REFERÊNCIAS

* A listagem das referências bibliográficas foram elaboradas com base nas normas internacionais de Vancouver.

- Andrews DP, Butcher AK, Buckley BR. Acuities for spatial arrangement of line figures: human and ideal observes compared. *Vision Res* 1973;13:599-620.
- Bailey IL. Designation of visual acuity in logarithmic units. *Optom Monthly* 1980;71:53-58.
- Baker KE. Some variables influencing Vernier acuity. *J Opt Soc Am* 1949;39:567-576.
- Banton T, Levi DM. Binocular summation in Vernier acuity. *J Opt Soc Am* 1991;8:673-680.
- Birch EE, Gwiazda J, Bauer Jr. JA, Naegele J, Held R. Visual acuity and its meridional variations in children aged 7-60 months. *Vision Res* 1983;23:1019-1024.
- Blackwell HR. Studies of psychophysical methods for measuring visual thresholds. *J. Opt Soc Am* 1952;42:606-616.
- Braddick O. Visual hyperacuity. *Nature* 1984;308:228-229.
- Bradley A, Skottun BC. Effects of contrast and spatial frequency on Vernier acuity. *Vision Res* 1987;27:1817-1824.
- Brown AM. Development of visual sensitivity to light and color vision in human infants: a critical review. *Vision Res* 1990;30:1159-1188.
- Carkeet A, Levi DM, Manny RE. Development of Vernier acuity in childhood. *Optom Vis Sci* 1997;74:741-750.
- Chung ST, Levi DM. Moving Vernier in amblyopic and peripheral vision: greater tolerance to motion blur. *Vision Res* 1997;37:2527-2533.
- Cornsweet TN. The staircase-method in psychophysics. *Am J Psychol* 1962;75:485-491.
- Cox JF, Suh S, Leguire LE. Vernier acuity in amblyopic and nonamblyopic children. *J Ped Ophthalmol Strabismus* 1996;33:39-46.
- Cruz AAV, Bicas HEB. Differential acuity of the two eyes. *Bull Psychonomic Soc* 1988;26:416-418.
- Cruz AAV, Rios SS. Acuidade Visual. *Arq Br Psicol* 1998;50:9-26.
- Cruz AAV. Ambliopia. *Arq Bras Oftalmol* 1991;54:139-147.

Dobson V, Teller DY. Visual acuity in human infants: a review and comparison of behavioral and electrophysiological studies. *Vision Res* 1978;18:1469-1483.

Dreyer V. On the exactness of visual acuity determination charts with decimal, snellen and logarithmic notation. *Acta Ophthalmol* 1964;42:295-306.

Dubois-Poulsen A. Le sens des formes. In: Dubois-Poulsen, editor. *Le champ visuel*. v. 1. Paris: Masson; 1952.p.220.

Enoch JM, Giraldez-Fernandez MJ, Knowles R, Huang D, Hunter A, Labree L, Azen SP. Hyperacuity test to evaluate vision through dense cataracts; research preliminary to a clinical study. I. studies conducted at the university of California at Berkeley before travel to India. *Optom Vis Sci* 1995;72:619-629.

Enoch JM, Werner JS, Haegerstrom-Portnoy G, Lakshiminarayanan V, Rynders M. Forever young: visual function not affected or minimally affected by aging: a review. *J Gerontol* 1999;54:336-351.

Essock EA, Williams RA, Enoch JM, Raphael S. The effects of image degradation by cataract on Vernier acuity. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984;25:1043-1050.

Fahle M, Schmid M. Naso-temporal asymmetry of visual perception and of the visual cortex. *Vision Res* 1988;28:293-300.

Fahle M, Edelman S. Long-term learning in Vernier acuity: effects of stimulus orientation. *Vision Res* 1993;33:397-412.

Fendick M. Dissociation of Vernier "acuity" and Vernier "accuracy" ARVO Abstracts. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984;25:144.

Freeman RD, Bradley A. Monocularly deprived humans: nondeprived eye has supernormal Vernier acuity. *J Neurophysiol* 1980;43:1645-1653.

Friendly DS, Weiss IP. An automated visual acuity testing computer program using the apple II system. *Am J Ophthalmol* 1985;99:188-192.

Frisén L, Frisén M. How good is normal visual acuity? *Alb. Graef. Arch Ophthalmol* 1981;215:149-157.

Frisén L, Lindblom B. Binocular summation in humans: evidence for a hierarchic model. *J Physiol*, 1988, 402: 773-782.

- Geisler WS. Physical limits of acuity and hyperacuity. *J Opt Soc Am A* 1984;1:775-782.
- Giraud-Teulon M. Congrès International d'Ophthalmologie. Paris, J.B. Bailliere, 1862. Apud Michaels, DD. Visual acuity in: Michaels, DD. Visual optics and refraction, a clinical approach. Saint Louis, Mosby, 1980, cap.8, 279p.
- Graf M, Dietrich H. Objective Vernier acuity testing in adults, children and infants. Possibilities and limits of a new method. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1994;204:98-104.
- Guilford JP. Psychological measurement. In: Guilford JP, editor. Psychometric methods. v. 1. New York: McGraw-Hill; 1954. p.1-19.
- Gwiazda J, Bauer Jr JA, Held R. From visual acuity to hyperacuity: a 10-year update. *Can J Psychol* 1989;43:109-120.
- Harwerth RS, Levi DM. Psychophysical studies of binocular process of amblyopes. *Am J Optom Physiol Opt* 1983;60:454-463.
- Harwerth RS, Smith III, Duncan GC, Crawford MLJ, Von Noorden GK. Multiple sensitive periods in the development of the primate visual system. *Science* 1986;232:235-237.
- Helmholtz H, Nagel W. Minimum dimensions of perceptible objects. In: Helmholtz H, Nagel W, editors. Helmholtz's treatise on physiological optics. 1st ed. v. 2. New York: Dover; 1962.p.32-6.
- Holmes JM, Archer SM. Vernier acuity cards: a practical method for measuring Vernier acuity in infants. *J Ped Ophthalmol Strabismus* 1993;30:312-314.
- Holopigian K, Blake R, Greenwald MJ. Clinical suppression and amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1988;29:44-51.
- Hopkisson B, Arnold P, Billingham B, McGarrigle M, Entwistle P. Visual assessment of infants: Vernier targets for the Catford drum. *Br J Ophthalmol* 1991;75:280-283.
- Lakshminarayanan V, Enoch JM. Vernier acuity and aging. *Int Ophthalmol* 1995;19:109-115.
- Lavergne G, Dehon P. Les Bases anatomo-physiologiques de l'acuité visuelle. *J Fr Ophtalmol* 1978;1:75-81.
- Levi DM, Harwerth S. Contrast sensitivity in amblyopia due to stimulus deprivation. *Br J Ophthalmol* 1980;64:15-20.

- Levi DM, Klein S. Differences in Vernier discrimination for gratings between strabismic and anisometropic amblyopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1982;23:398-407.
- Levi DM, Klein SA. Vernier acuity, crowding and amblyopia. *Vision Res* 1985;25:979-991.
- Levi DM. The Glenn A. Fry award lecture: The "spatial grain" of the amblyopic visual system. *Am J Optom Physiol Opt* 1988;65:767-786.
- Levi DM, Carkeet A. Amblyopia: a consequence of abnormal visual development. *Infant vision symposium. USA: National Academy of Science and National Research Council; , 1991.*
- Levi DM, Waugh SJ, Beard BL. Spatial scale shifts in amblyopia. *Vision Res* 1994;34:3315-3333.
- Levi DM, Klein SA, Wang H. Amblyopic and peripheral Vernier acuity: a test-pedestal approach. *Vision Res* 1994a;34:3265-3292.
- Levi DM, Klein SA, Wang H. Discrimination of position and contrast in amblyopic and peripheral vision. *Vision Res* 1994b;34:3293-3313.
- Levi DM, Polat U. Neural plasticity in adults with amblyopia. *Proc Natl Acad Sci* 1996;93:6830-6834.
- Levi DM, Polat U, Hu YS. Improvement in Vernier acuity in adults with amblyopia. Practice makes better. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38:1493-1510.
- Levitt H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. *J Acoust Soc Am* 1971;49:467-477.
- Lit A. Visual acuity. *Ann Rev Psychol* 1968;19:27-54.
- Mainster MA, Timberlake GT, Schepens CL. Automated variable contrast acuity testing. *Ophthalmol* 1981;88:1045-1053.
- Mckee SP, Westheimer G. Improvement in Vernier acuity with practice. *Percep & Pshychophys* 1978;24:258-262.
- Mckee SP, Welch L, Taylor DG, Bowne SF. Finding the common bond: stereoacuity and the other hyperacuities. *Vision Res* 1990;30:879-891.
- Miao TY, Wang GJ, Pomerantzeff O. A visual acuity chart with geometric gradation and logarithmic notation. *Am J Ophthalmol* 1983;95:835-837.

Michaels DD. Visual acuity. In: Michaels DD, editor. Visual optics and refraction. 1st ed. v. 1. Saint Louis: Mosby; 1980.p.277-303.

Odom JV, Vasquez.RJ, Schwartz TL, Linberg JV. Adult Vernier thresholds do not increase with age; Vernier bias does. Invest Ophthalmol Vis Sci 1989;30:1004-1008.

Ogle KN. On the problem of an international nomenclature for designating visual acuity. Am J Ophthalmol 1953;36:909-921.

Osuobeni EP. Monocular Vernier acuity in normally binocular, monocular and amblyopic subjects. Optom Vis Sci 1992;69:550-555.

Rabin J. Vernier acuity through night vision goggles. Optom Vis Sci 1993;70:689-691.

Romanio J. Vision testing. Int Ophthalmol Clin 1971;11:308-316.

Rose RM, Teller DY, Rendleman P. Statistical properties of staircase estimates. Perception Psychophys 1970;8:199-204.

Saarinen J, Levi DM. Orientation anisotropy in Vernier acuity. Vision Res 1995a;35:2449-2461.

Saarinen J, Levi DM. Perceptual learning in Vernier acuity: what is learned? Vision Res 1995b;35:519-527.

Schoenleber DB, Crouch ER. Bilateral hypermetropic amblyopia. J Ped Ophthalmol Strabismus 1987;24:75-77.

Schor CM, Badcock DR. A comparasion of stereo and Vernier acuity within spatial channels as a function of distance from fixation. Vision Res 1985;25:1113-1119.

Shaw DE, Fielder AR, Minshull C, Rosenthal AR. Amblyopia factors influencing age of presentation. Lancet 1988:207-209.

Shimojo S, Birch EE, Gwiazda J, Held R. Development of Vernier acuity in infants. Vision Res 1984;24:721-728.

Shimojo S, Held R. Vernier acuity is less than grating acuity in 2- and 3- month-olds. Vision Res 1987;27:77-86.

Sloan L. Measurement of visual acuity. Arch Ophthalmol 1955;45:704-725.

Snyder C. Herman Snellen and $V = d/D$. Arch Ophthalmol 1962;68:571-572.

Steinbach M, Ono H, Gonzalez E, Rush-Smith N. Vernier acuity in children enucleated at an early age. Personal communication 1989.

- Stephaneck P, da Silva JA. Escalas e medidas em psicologia: uma abordagem da teoria da decisão. Ribeirão Preto: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto USP; 1978.
- Stigmar G. Blurred visual stimuli: II. The effect of blurred visual stimuli on Vernier and stereo acuity. *Acta Ophthalmol* 1971;49:364-379.
- Teller DY, Movshon JA. Visual development. *Vision Res* 1986;26:1483-1506.
- Voipio H. The objective measurement of visual. *Acta Ophthalmol Suppl* 1961;66:8-70.
- Von-Noorden GK. Classification of amblyopia. *Am J Ophthalmol* 1967;63:238-244.
- Von-Noorden GK. Factors involved in the production of amblyopia. *Br J Ophthalmol* 1974;58:158-164.
- Von-Noorden GK. Amblyopia: a multidisciplinary approach. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985;26:1704-1716.
- Werner BD, Scott WE. Bilateral hypermetropic ametropic amblyopia. *J Ped Ophthalmol Strabismus* 1967;22:203-205.
- Westheimer G. Visual Acuity. *Ann Rev Psychol* 1965;16:359-381.
- Westheimer G. Visual acuity and hyperacuity. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1975;14:570-572.
- Westheimer G, Hauske G. Temporal and spatial interference with Vernier acuity. *Vision Res* 1975;15:1137-1141.
- Westheimer G, Mckee SP. Visual acuity in the presence of retinal-image motion. *J Opt Soc Am* 1975;65:847-850.
- Westheimer G, Shimamura K, Mckee SP. Interference with line-orientation sensitivity. *J Opt Soc Am* 1976;66:332-338.
- Westheimer G, Mckee SP. Spatial configurations for visual hyperacuity. *Vision Res* 1977;17:941-947.
- Westheimer G. Scaling of visual acuity measurements. *Arch Ophthalmol* 1979;97:327-330.
- Westheimer G. *Progress in sensory physiology 1*. Berlin Heidelberg, New York: Springer-Verlag; 1981.
- Westheimer G. Do ocular-dominance columns set spatial limits for hyperacuity processing? *Vision Res* 1982;22:1349-1352.

Wetherill GB, Levitt H. Sequential estimation of points on a psychometric function. *Br J Math Stat Psychol* 1965;18:1-10.

Weymouth FW, Andersen EE, Averill HL. Retinal mean local sign: a new view of the relation of the retinal mosaic to visual perception. *Am J Psychol* 1923;63:410-411.

Whitaker D, MacVeigh D. Interaction of spatial frequency and separation in Vernier acuity. *Vision Res* 1991;31:1205-1212.

Whitaker D, Elliott DB, Macveigh D. Variations in hyperacuity performance with age. *Ophthalmic Physiol Opt* 1992;12:29-32.

Williams RA, Enoch JM, Essock EA. The resistance of selected hyperacuity configurations to retinal image degradation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984;25:389-399.

Wilson HR. Responses of spatial mechanisms can explain hyperacuity. *Vision Res* 1986;26:453-469.

Yebra-Pimentel-Vilar E, Giraldez-Fernandez MJ, Enoch JM, Lakshminarayanan V, Knowles R, Srinivasan R. Performance on three-point Vernier acuity targets as a function of age. *J Opt Soc Am* 1995;12:2293-2304.

Zanker J, Mohn G, Weber U, Zeitler-Driess K, Fahle M. The development of Vernier acuity in human infants. *Vision Res* 1992;32:1557-1564.

7-RESUMO

Foi avaliada a utilização da medida da acuidade Vernier na clínica oftalmológica. Para isso foram realizados cinco experimentos. Nos dois primeiros desenvolveu-se e validou-se o uso clínico de um paradigma de medida da acuidade Vernier. Nos outros três analisou-se a existência de somação binocular, o efeito da idade e da variabilidade intra-individual sobre a medida e, no restante, o emprego da acuidade Vernier em amblíopes. Os resultados mostraram a presença de somação binocular e nítida melhora da acuidade Vernier dos adultos em relação às crianças. A variabilidade intra-individual foi alta e estimou-se que há necessidade de 100 a 700 medidas para se obter uma medida com precisão de 10%. Na ambliopia, a medida da acuidade Vernier, num contexto clínico, não pareceu acrescentar vantagens à medida da acuidade visual tradicional.

8-SUMMARY

The utilization of Vernier acuity was evaluated in an ophthalmic clinical setting. Five experiments were designed. On the first two, it was developed and validated the clinical use of a paradigm of the Vernier acuity. On the remaining experiments, it was analyzed the existence of the binocular summation, the effect of the age on the measurement and its intra individual variability and the last one the use of the Vernier acuity in amblyopes. The results showed the presence of a binocular summation and a clear improvement on the Vernier acuity in adults in relation to children. The intra individual variability was high, and it was estimated that for obtaining a precision of 10% it is necessary between 100 and 700 measurements. It was concluded that, the measurement of Vernier acuity does not provide any advantage for the clinical characterization of amblyopia when it is compared to the traditional visual acuity measurement.