

Sensitividade ao Contraste Espacial

Interposição de Lentes Positivas*

Paulo M. Imamura ** & Norio Ohba ***

INTRODUÇÃO

Padrões bem definidos de grade, consistindo de barras alternadas — clara e escura, são usados como estímulos-teste numa variedade de estudos, principalmente de resolução visual. Entretanto, com equipamentos eletrônicos — osciloscópio (Fig. 1) ou televisão — podemos modular estes padrões e obter vantagens práticas e teóricas. As ondas moduladas, determinando as barras, podem ser de diferentes formas, mas nas investigações psicofísicas e clínicas têm-se usado vantajosamente as sinusoidais. A direção de alinhamento destas barras mais empregada é a vertical, podendo ser horizontal com a mesma eficácia.

Número crescente de publicações sobre este assunto, principalmente com aplicações clínicas, ocorreu nestes últimos cinco anos. Para o propósito deste trabalho, apenas algumas referências bibliográficas são citadas (1-13).

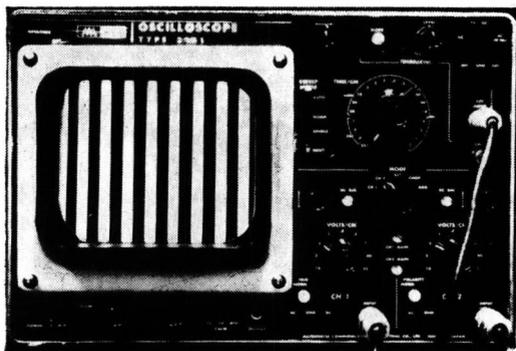


Fig. 1 — Tela de um osciloscópio apresentando barras verticais alternadas — clara e escura — determinadas por ondas quadradas.

A profundidade de modulação (amplitude) destas ondas pode ser modificada facilmente, determinando assim uma variação na densidade das barras, ou seja, no contraste (Fig. 2).

Contraste (C), de Michelson, pode ser expresso matematicamente como:

$$C = \frac{I \text{ máx} - I \text{ mín}}{I \text{ máx} + I \text{ mín}} = \frac{2 \Delta I}{\bar{I}}$$

(ou seja, é a modulação da sua intensidade ao redor de um nível médio de intensidade)

onde I (+) é a intensidade [(máx = máxima (no centro da barra mais clara) e mín = mínima (no centro da barra mais escura)], \bar{I} é a intensidade média e ΔI é a amplitude da onda sinusoidal.

O cotranste terá valor máximo igual a um, quando I mín for igual a zero. A modulação aproxima-se de zero, quando I máx tende a igualar a I mín; neste caso a tela do aparelho tende a se uniformizar.

(+) Por simplificação utilizamos o termo Intensidade. Lembrar que na linguagem psicofísica, Luminância é a denominação para o estímulo físico e Brilho, para a resposta psicológica.

A distância entre dois picos da onda corresponde a um período, ou ciclo, e equivale a duas barras adjacentes — clara e escura. Tratando-se de visão, ela fica melhor expressa em graus angular. Definimos, portanto, frequência espacial como sendo o número de ciclos da grade que subentende um grau de ângulo visual do observador (ciclos/grau).

Exemplificando, se considerarmos cada um dos quadrados da Fig. 3, visto de uma distância compreendendo um grau angular visual, os de cima serão de frequência espacial 2,5 ciclos/grau e os de baixo, 7,5 ciclos/grau. Assim, frequência espacial baixa significa barras largas e frequência espacial alta, barras estreitas.

Portanto, os dois parâmetros das grades sinusoidais — o contraste e a frequência espacial — podem ser continuamente variados (Fig. 3) com os aparelhos eletrônicos (no nosso caso — o osciloscópio).

Limiar de percepção de contraste é o mínimo de contraste necessário para que o observador informe, não estar vendo mais a tela do aparelho uniformemente iluminada. Denomina-se sensibilidade ao contraste (S) ao recíproco deste limiar de contraste:

* Trabalho realizado na Universidade de Tóquio, Escola de Medicina, Departamento de Oftalmologia (Serv. Prof. Saichi Mishima) — Japão.

** Amparado pela Bolsa de Estudo, "Fellow Research Study" (jan. 1974 a abr. 1975), do Ministério da Educação do Governo Japonês (MOMBUSHŌ) durante a elaboração deste trabalho. Atualmente, Responsável pela Seção de Neurooftalmologia da Disciplina de Oftalmologia da Escola Paulista de Medicina — Brasil.

*** Na época, Prof. Assistente do referido Departamento de Oftalmologia da Universidade de Tóquio. Atualmente, Prof. Titular de Oftalmologia, Escola de Medicina, Faculdade de Kagoshima — Japão.

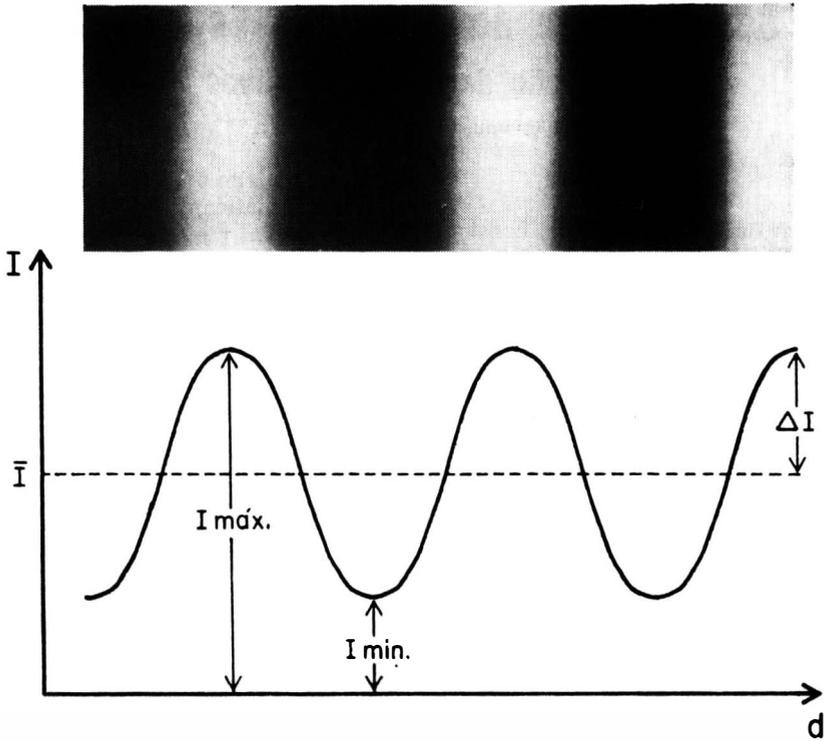


Fig. 2 — No alto, fotografia das barras verticais geradas pelo osciloscópio e, embaixo, perfil e características da onda sinusoidal correspondente. A transição entre claro e escuro se faz gradualmente.

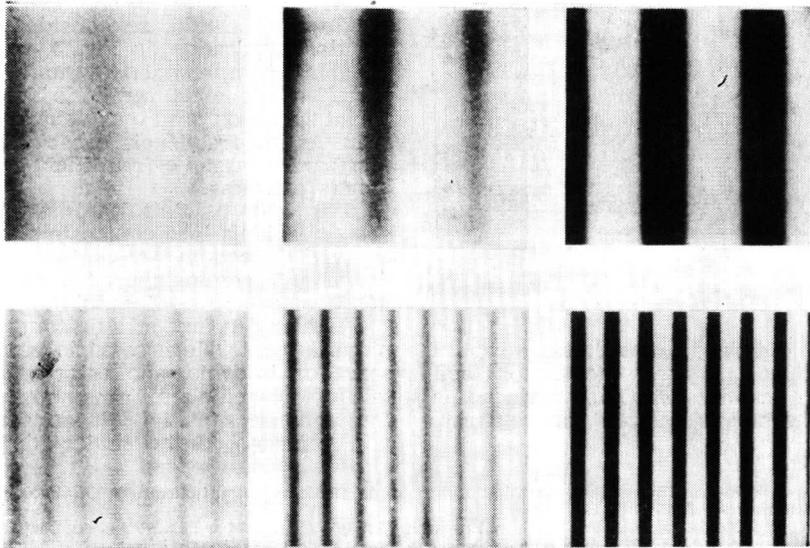


Fig. 3 — Da esquerda para direita, aumento do contraste. De cima para baixo, aumento da frequência espacial.

$S = \frac{1}{C}$, isto é, o sistema visual será mais sensetivo quanto menor for o contraste.

Determinando-se o limiar de percepção de contraste de um observador, em diferentes freqüências espaciais, teremos as sensibilidades respectivas que, colocadas num gráfico em escala bilogarithmica, dará uma curva com flexão acentuada para freqüências baixas e altas e com um pico máximo ao redor de 3,0 ciclos/grau. É conhecida como curva de sensibilidade ao contraste espacial (Gráf. 1).

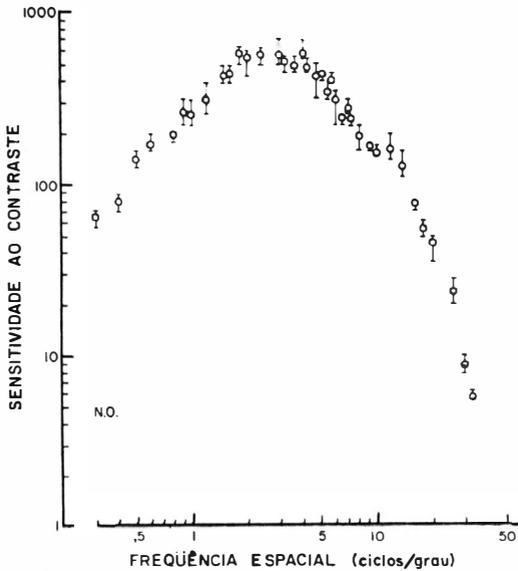


Gráfico 1 — Curva de sensibilidade ao contraste espacial do olho direito de um observador normal (N.O.). Na abscissa o logaritmo da freqüência espacial e na ordenada o logaritmo da sensibilidade ao contraste.

Se o gráfico for feito em escala monologarithmica (abscissa em decimal) obteremos uma reta inclinada correspondente à curva da direita, ou seja, para freqüências altas (Gráf. 2). Onde a reta corta a abscissa pode-se extrapolar que é o ponto de representação da acuidade visual.

Uma comparação entre duas curvas — binocular e monocular — foi feita em 4 indivíduos normais, à maneira de Campbell & Green (6). Conforme os dados abaixo, confirmamos os achados destes autores (Gráf. 2).

Relação entre as sensibilidades ao contraste binocular e monocular

Observador	Média	Desvio padrão
K.H.	1,345	0,0329
M.N.	1,494	0,0579
N.O.	1,370	0,0318
P.I.	1,418	0,0166
Média global	1,406	

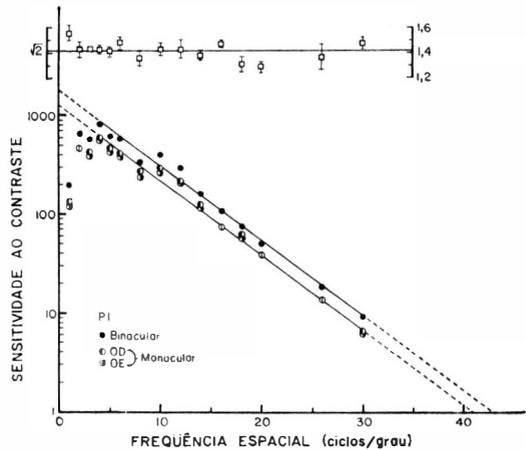


Gráfico 2 — (apud CAMPBELL & GREEN 6: Relação de $\sqrt{2} = 1,41$ entre sensibilidades ao contraste binocular e monocular). Nossa confirmação com um observador normal (P.I.).

Esta extensa introdução é importante para familiarizar o leitor com conceitos e terminologia desta nova metodologia, procurando facilitá-lo na compreensão do trabalho por nós realizado que ora descrevemos.

MATERIAL E MÉTODOS

Equipamento — Osciloscópio (Fig. 1) adaptado para gerar barras alternadas — clara e escura. O tamanho máximo da tela do aparelho era aproximadamente de 11 X 10 cm e que podia ser modificado, colocando-se sobre a tela um cartão preto com uma abertura de medida desejada. A manipulação dos contrastes era realizada pelo examinador.

Estimulo-teste — Uma abertura quadrada de 5 X 5 cm, feita num cartão preto, cobria a tela do osciloscópio. Este estímulo, visto a 143 cm, compreendia um ângulo visual de 2° X 2°. A freqüência espacial, fixa, escolhida foi de 8 ciclos/grau. A intensidade média era constante para qualquer freqüência espacial e para qualquer variação de contraste. Um sistema automático de intervalômetro "on" e "off", a cada 0,5 seg de duração, auxiliava na apresentação dos estímulos. O estímulo foi apresentado em condições de sala escura com modulação sinusoidal e barras na direção vertical.

Observador — N.O., 37 anos de idade, Acuidade visual = 20/20 com correção (A.O. = - 1,37 d.e.—0,50 d.c. X 180°). Cicloplegia com Tropicamide 1% em ambos os olhos. Restante do exame oftalmológico era normal. Apresentava curva de sensibilidade ao contraste normal tanto no OD (Gráf. 1) como no OE. A correção básica foi montada numa

armação de provas, a qual foi utilizada para interposição de lentes esféricas positivas graduadas (múltiplos de 0,25 d.e.).

Procedimento psicofísico — As respostas aos limiares de contraste foram determinadas pelo método dos limites, tomando-se a média das 10 apresentações do estímulo. O observador ficava olhando para a tela uniformemente iluminada (contraste zero) e avisava quando notava o aparecimento das barras (limiar de contraste).

Experiência — Foi realizada em duas etapas e está explicada nos resultados.

RESULTADOS

Numa primeira etapa, foram interpostas lentes positivas esféricas graduais de igual poder dióptrico em cada olho e determinada as respostas ao contraste espacial, inicialmente monoculares e posteriormente binocular. Os dados foram colocados no gráfico 3.

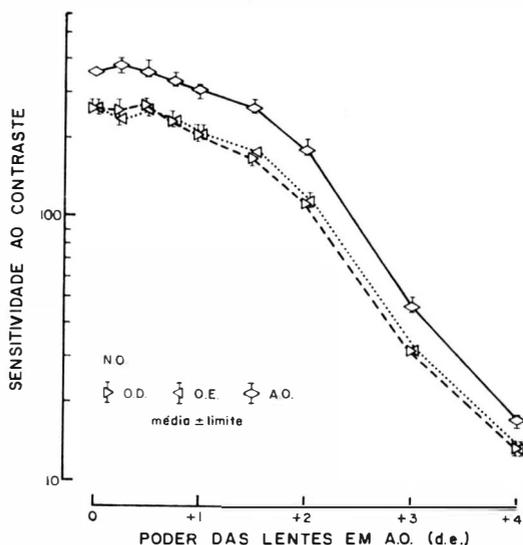


Gráfico 3 — Respostas monoculares e binocular obtidas com interposição de lentes positivas nos dois olhos. (d.e. = dioptrias esféricas).

Há uma diminuição da sensibilidade à medida que aumentamos a graduação da lente, tanto mono como binocularmente. O traçado é muito similar, tanto para o OD como para o OE. Em cada grau correspondente a resposta binocular manteve uma relação quase invariável e sempre maior que a monocular.

Numa segunda etapa, manteve-se o OE com a medida fixa e sem adição de lentes. Ao OD foram interpostas lentes positivas esféricas graduais. A resposta binocular foi determinada sempre após cada medida monocular. Os dados foram colocados no gráfico 4.

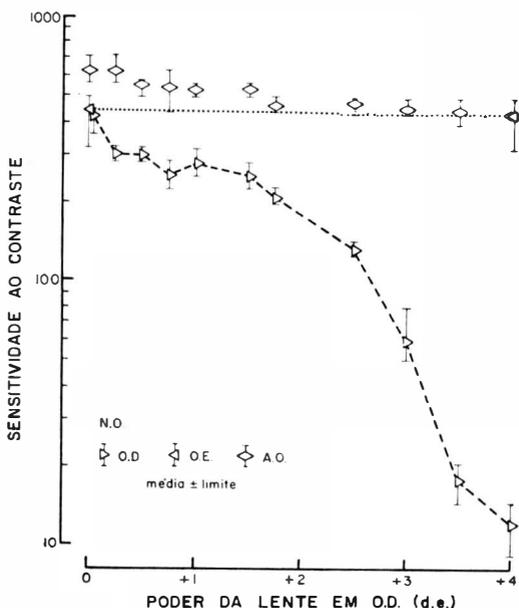


Gráfico 4 — Respostas monocular e binocular obtidas com interposição de lentes positivas num só olho (O.D.). (d.e. = dioptrias esféricas).

Até aproximadamente 2 dioptrias esféricas a resposta binocular apresentou-se maior que as monoculares e seguiu quase paralelamente a sensibilidade monocular sem graduação adicional. Acima de 2 d.e. a resposta binocular passou a apresentar a mesma resposta que a monocular sem graduação adicional.

CONCLUSÕES

Em condições normais de teste sabemos⁽⁶⁾ e confirmamos que a sensibilidade ao contraste espacial binocular é maior que a monocular.

Condições artificiais de interposição de lentes positivas esféricas (até 4 d.e.) diante de um ou dos dois olhos foram aplicadas neste nosso trabalho e pudemos concluir que:

1.º) o borramento da imagem na retina, causado pela adição gradual destas lentes, diminuem a sensibilidade ao contraste progressivamente, tanto monocular como binocularmente;

2.º) se estas lentes são colocadas igualmente em cada olho, a resposta binocular é sempre maior que a monocular. Isto ocorre porque as imagens são idênticas, mesmo que borradas;

3.º) Se estas lentes são colocadas num só olho, a resposta binocular se mantém elevada até aproximadamente +2d.e., e após isto, cai para a resposta monocular, coincidindo

com a do olho sem graduação. Até certo ponto a dissimilaridade das imagens não produz interferência na somação binocular.

AGRADECIMENTOS (P.M.I.):

Ao Ministério da Educação do Governo Japonês (MOMBUSHO) e ao Prof. Saichi Mishima, MD pela oportunidade da Bolsa de Estudo.

Aos Professores, Pós-graduandos, Residentes e amigos do Departamento de Oftalmologia da Universidade de Tóquio ("TODAI") pela colaboração e amizade.

RESUMO

O uso de barras sinusoidais moduladas tem sido amplamente explorado em clínica nos últimos anos. Logo mais, todos deverão conhecer algo sobre os conceitos e a terminologia desta nova metodologia.

A sensibilidade ao contraste espacial binocular é maior que a monocular, tanto em condições normais como em interposição de lentes positivas em cada olho. A sensibilidade monocular cai progressivamente com a adição gradual destas lentes. Quando um dos olhos não apresenta graduação, a resposta binocular se mantém até aproximadamente +2 d.e. e após isto segue a resposta do olho sem graduação.

SUMMARY

Modulated sinusoidal gratings has been progressively employed in clinical ophthalmology.

In this paper the AA. studied the spatial contrast sensitivity in normal eyes and after the addition of plus lenses. They concluded that the addition of plus lenses decreases both the binocular and the monocular spatial contrast sensitivity. Binocular sensitivity was greater than monocular.

The binocular spatial contrast sensitivity was normal up to the addition of +2.00 D sph in front of one of the eyes. To powers higher than that the observer lost the binocular response and kept the normal monocular spatial contrast sensitivity of the eye without addition.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABADI, R. V. — Visual analysis with gratings. *Brit. J. Phys. Optics*, 29(2): 47-56, 1974.
2. ARDEN, G. B. — The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance. *Brit. J. Ophthalmol.*, 62: 198-209, 1978.
3. BODIS-WOLLNER, I. — Detection of visual defects using the contrast sensitivity function. In: SOKOL, S. (Ed.) — *Electrophysiology and psychophysics: Their use in ophthalmic diagnosis*. Little, Brown and Company. Boston. I.O.C., 20(1): 135-153, 1980.
4. CAMPBELL, F. W. — The human eye as an optical filter. *Proceeding of the IEEE*, 56(6): 1009-1014, 1968.
5. CAMPBELL, F. W. — The Etlles Lecture: "Recent advances in visual physiology paying particular attention to their clinical application". *The Ophthalmic Optician*, 20(9): 301-308, 1980 (Apr. 26).
6. CAMPBELL, F. W. & GREEN, D. G. — Monocular versus binocular visual acuity. *Nature*, 208: 191-192, 1965 (Oct. 9).
7. CAMPBELL, F. W. & MAFFEI, L. — Contrast and spatial frequency. *Scientific American*, 231(5): 106-116, 1974.
8. CORNSWEET, T. N. — Psychophysiology of brightness — Modulation transfer function. In: ——— — *Visual Perception*. Academic Press. New York. Cap. XII, 1970. p. 311-364.
9. Editorial: Spatial contrast sensitivity. *Brit. J. Ophthalmol.*, 62: 197, 1978.
10. ENOCH, J. M.; OHZU, H. & ITOI, M. — Contrast (Modulation) sensitivity functions measured in patients with high refractive error with emphasis on aphakia: I — Theoretical considerations. *Doc. Ophthalmol.*, 47(1): 139-145, 1979.
11. MAFFEI, L. — Spatial frequency channels: Neural mechanisms. In: HELD, R.; LEIBOWITZ, H. W. & TEUBER, H.-L. (Eds.) — *Perception. Handbook of sensory physiology*. Springer-Verlag. Berlin. Vol. VIII, Cap. II, 1978. p. 41-66.
12. MAINSTER, M. A. — Contemporary optics and ocular pathology — Contrast sensitivity function, Modulation transfer function and Retinal-neural transfer function. *Surv. Ophthalmol.*, 23(2): 135-142, 1978.
13. SACHS, M. B.; NACHMIAS, J. & ROBSON, J. G. — Spatial-frequency channels in human vision. *J. Opt. Soc. Am.*, 61 (9): 1176-1186, 1971.