



Psicologia: Reflexão e Crítica

ISSN: 0102-7972

prcrev@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Brasil

Santos, Natanael Antonio dos; Simas de Bustamante, Maria Lúcia
Percepção e Processamento Visual da Forma em Humanos: Filtros de Frequências Radiais de 1 e 4
cpq
Psicologia: Reflexão e Crítica, vol. 15, núm. 2, 2002, pp. 383-391
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18815215>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Percepção e Processamento Visual da Forma em Humanos: Filtros de Frequências Radiais de 1 e 4 cpd

Natanael Antonio dos Santos ¹

Maria Lúcia de Bustamante Simas

Universidade Federal de Pernambuco

Resumo

O objetivo deste trabalho foi mensurar curvas de resposta ao contraste para os filtros de frequências radiais de 1 e 4 cpd para padrões espaciais modulados pela função cilíndrica de Bessel (J_0). Foram estimadas 15 curvas de resposta no paradigma psicofísico de somação de resposta de supra-limiar aliado ao procedimento da escolha forçada. Participaram do experimento 5 voluntários adultos com acuidade visual normal ou corrigida. Os resultados demonstraram efeitos de limiar de contraste na frequência de teste dos filtros de 1 e 4 cpd circundadas por inibições nas frequências radiais de teste de cada filtro. Estes resultados são consistentes com a existência de filtros de banda estreita operando no sistema visual humano através do processo de somação ou inibição de frequências específicas.

Palavras-chave: Processamento visual de forma; filtro radial; frequência radial; somação de supra-limiar.

Perception and Visual Processing of Form in Humans: Radial Frequency Filters

Abstract

The aim of this work was to measure narrow-band frequency response curves for two radial frequency filters of 1 and 4 cpd for spatial patterns modulated by cylindrical Bessel profiles, J_0 , whose test frequencies were 1 and 4 cpd. Five humans with normal or corrected visual acuity measured 15 curves for each filter with a supra-threshold response summation procedure allied within a forced-choice paradigm. The results showed maximum summation effects at test frequencies surrounded on both sides by strong inhibition. These results are consistent with the existence of narrow-band filters operating in human visual system either through summation or inhibition of specific frequency components.

Keywords: Visual processing of form; radial frequency filter; radial frequency; supra-threshold summation.

A primeira proposta de estudar padrões em coordenadas polares ao invés de coordenadas cartesianas (grade senoidal) partiu de Kelly (1960), que sugeriu estímulos circularmente simétricos, os quais ele denominou de alvo J_0 , isto é, estímulos modulados pela função cilíndrica de Bessel de ordem zero. Esta classe de padrões tem recebido outras denominações, como por exemplo, alvo olho de boi (*Bull's-eye*), grades circulares, dentre outras. Nós temos denominado de estímulo elementar de frequência radial porque a modulação de contraste varia

Apesar de Kelly ter proposto este estímulo desde 1960, o mesmo só foi utilizado quando Kelly e Magnuski (1966) estudaram as frequências radiais circularmente moduladas pela função de sensibilidade ao contraste humano, SVH. De acordo com a teoria da percepção, estímulos modulados pela função cilíndrica de Bessel são mais naturais como estímulo visual do que um ponto claro de fixação. O mesmo não se aplica a grades paralelas, por exemplo, grades

para estímulos do tipo grade senoidal do que para estímulos radiais.

Em 1996, Santos mediu a sensibilidade ao contraste para estímulos radiais modulados pela função esférica de Bessel para vários j_n ($n = 0, 1, 2, 4, 8$ e 16) com o paradigma psicofísico da escolha forçada. O n representa a ordem da função de Bessel. Os resultados demonstraram que a faixa de máxima sensibilidade para estes estímulos depende da ordem da função. Por exemplo, a sensibilidade do SVH para j_0 se deu por volta de 1 cpq, enquanto que para j_{16} se deu por volta de 2 e 3 cpq (Santos, 1996; Simas & Santos 1997).

Em 1999, Santos também mediu a sensibilidade do SVH para estímulos modulados pela função cilíndrica de Bessel (J_0) com o paradigma psicofísico da escolha forçada. Neste estudo, utilizou-se estímulos semelhantes ao de Kelly (Kelly, 1960, 1982; Kelly & Magnuski, 1975). Os resultados encontrados foram semelhantes ao de Kelly, isto é, a sensibilidade máxima do SVH ocorreu em torno da frequência radial de 1 cpq.

Atualmente, podemos encontrar na literatura outros trabalhos com estímulos concentricamente simétricos, por exemplo (Amidor, 1997; Gallant, Brau & van Essen, 1993; Gallant, Connor, Rakshit, Lewis & van Essen, 1996; Hegde & van Essen, 2000; Hess, Wang, Demanins, Wilkinson & Wilson, 1999; Verrall & Kakarala, 1998; Wilkinson, Wilson & Habak, 1998; Wilson & Wilkinson, 1997, 1998; Wilson, Wilkinson & Asaad, 1997), entretanto, estes utilizam sugestões teóricas diferentes de Kelly (Kelly, 1960; Kelly, 1982; Kelly & Magnuski, 1975), Santos (1996, 1999) e Simas (Simas, 1985; Simas & Dodwell, 1990; Simas & Santos, 1997, 1998). Por exemplo, os estudos de Gallant e colaboradores (1993, 1996) utilizaram estímulos com modulação de onda senoidal ou quadrada baseados em frequências radiais e angulares para testar a resposta de células na área visual V4 de macacos.

boa parte das evidências psicofísicas e favoráveis a abordagem de canais múltiplos espaciais.

Os estudos clássicos que procuraram estabelecer mecanismos responsáveis pelo processamento no SVH se basearam principalmente em grades senoidais verticais, estímulos encontrados na Figura 4 (Blakemore & 1969b; Blakemore, Nachmias & Sutton, 1970; Maffei, 1970, 1974; Campbell & Robson, 1972; Maffei & Fiorentini, 1973; Pantle, 1977). Nas últimas décadas, alguns pesquisadores estabeleceram a existência de filtros ou canais de frequências espaciais diferentes de grades, por exemplo, frequências angulares (Santos, 1996; Simas & Dodwell, 1990; Simas, Frutuoso & Simas & Santos, 1998).

Do ponto de vista psicofísico um canal angular corresponde a uma estrutura visual indexada, isto é, com uma faixa estreita de frequência espacial (Santos, 1999; Santos & Simas, 2001a).

Em 1985, Simas mensurou a resposta do filtro de frequência angular de 24 ciclos por grau. Simas e colaboradores estimaram a resposta do SVH para um número maior de filtros de frequência angular, como por exemplo os filtros angulares de 24 e 47 ciclos (Simas & Dodwell, 1990, 1992). Esses trabalhos foram realizados com o paradigma psicofísico de somação de resposta de escolha forçada ao procedimento da escolha forçada. Os resultados encontrados por Simas e colaboradores demonstraram efeitos de somação absoluta e relativa para frequências angulares de teste dos filtros circundantes. O que levou os autores a concluir que não havia evidência de alguma seletividade para faixas de frequências angulares.

contraste sub-limiar para mensurar o máximo da função, utiliza-se somação de resposta de supra-limiar de contraste, onde a frequência de teste é somada pixel a pixel às frequências de fundo que são apresentadas a alto contraste. Nesse, enquanto o contraste da frequência de teste é variado de acordo com a sensibilidade do voluntário, o contraste da frequência de fundo é fixo acima do limiar (isto é, supra-limiar). Desta forma, se um estímulo contendo apenas uma das frequências de fundo é comparada a um estímulo em que a mesma frequência de fundo é somada a frequência de teste, a única forma de diferenciar entre os dois estímulos é detectar a presença da frequência de teste em um destes. Informações mais detalhadas sobre este paradigma podem ser encontrado em Santos (1996, 1999) e Simas e colaboradores (Simas & Dodwell, 1990; Simas & Santos, 1998; Simas & cols., 1992).

Durante o processo de filtragem, três tipos de respostas podem ocorrer: 1) aquelas em que determinadas frequências de fundo podem se somar à frequência de teste do filtro facilitando a sua detecção (efeito de somação); 2) aquelas em que as frequências de fundo e de teste podem não se somar, não facilitando nem dificultando sua detecção (efeito independente); ou, 3) aquelas em que as frequências de fundo podem inibir a percepção da frequência de teste do filtro, dificultando a sua detecção (efeito inibitório). A sensibilidade ao contraste da frequência de teste em função das frequências de fundo, usando como referência o limiar absoluto de detecção da frequência de teste, indicará a independência dos mecanismos de detecção ou os efeitos de somação ou inibição.

A interpretação dada ao paradigma de supra-limiar é: 1) se a superposição da frequência de teste do filtro à frequência de fundo facilita ou diminui o valor de contraste absoluto necessário à detecção, isto pode ser porque a frequência de teste e a frequência de fundo estão sendo processadas pelo mesmo mecanismo ou canal; 2) se a superposição da frequência de teste à frequência de fundo dificulta ou aumenta o valor de contraste absoluto, isto podem ser porque elas

passar alguma coisa ou não de aquelas frequências que estão do filtro. É importante destacar a largura da banda, mais alta espacial e vice-versa.

O Presente Estudo

Este estudo dá continuidade a estudos anteriores que procuram caracterizar a resposta de frequências espaciais em parte destes experimentos acromáticos das áreas superiores do sistema visual (cortex infero-temporal, IT) de forma em termos angulares, o que pode envolver áreas inteiras do campo visual.

O presente estudo procura caracterizar os canais sintonizados para frequências espaciais pelo perfil cilíndrico de Bessel, J_0 . Apresentamos estimativas para filtros de frequências espaciais (Santos, 1999; Simas, 1985; Simas & Santos, 1998 e cols., 1992; Simas & Santos, 1999).

O objetivo principal foi caracterizar os filtros de frequências radiais de forma em termos de padrões de frequências espaciais em termos do perfil cilíndrico de Bessel, isto é, em coordenadas polares.

Método

Participantes

Participaram dos experimentos 10 voluntários dos dois sexos com acuidade visual normal e idade etária de 20-25 anos.

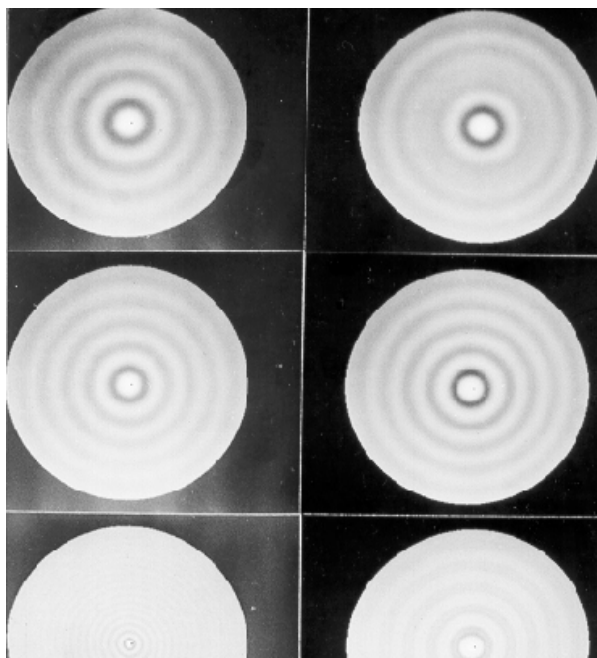
Equipamentos e Estímulos

Foi utilizado o sistema de apresentação de estímulos do laboratório, que compreende um computador IBM 486 com uma placa de vídeo de 1024x768 pixels.

a máxima de 2,2 fL. O ambiente do laboratório era cinza para melhor controle da luminância.

Os estímulos de frequências radiais foram gerados em tons de cinza e apresentados em tempo real no monitor. Todos os estímulos também eram circulares com um diâmetro de 7,25 graus de ângulos visuais a 150 cm de distância da tela (Figura 1).

As estimativas foram feitas utilizando pares de estímulos, estímulo de teste e estímulo de fundo. O estímulo de teste era composto pela frequência de teste do filtro (1 ou 4 cpg) somada a uma das frequências de fundo, por exemplo: 0,2 ; 0,3 ; 0,5 ; 0,8 ; 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ou 9 cpg. O estímulo de fundo foi a própria frequência de fundo sozinha. A Figura 1 ilustra exemplos de pares de estímulos de frequências radiais utilizados, por exemplo, para mensurar o filtro radial de 1 cpg.



Procedimento

O procedimento de resposta de escolha simples do par de estímulos e o voluntário escolher dentre os dois estímulos qual a frequência radial de teste do filtro somada a frequência radial de fundo. O contraste da frequência radial de teste era mantido constante e correspondia a cinco vezes o limiar absoluto de detecção da frequência de teste, ou seja, 1 ou 4 cpg, tanto no estímulo de teste como no estímulo de fundo. Somente o contraste supra-limiar do estímulo de teste era variada, diminuindo ou aumentando o contraste com o método da escolha forçada (Wetherby, 1987). O critério adotado para variar o contraste do estímulo de teste era o de três acertos consecutivos por tentativa e um erro para acrescer da mesma quantidade. Este procedimento experimental se baseia na probabilidade de acertos consecutivos de um voluntário, ou seja, em cerca de 100-150 tentativas, escolhas entre os dois estímulos, o estímulo de teste é percebido 79% das vezes pelo voluntário.

A sequência temporal foi iniciada com a apresentação do estímulo de teste, seguido imediatamente pela apresentação do estímulo de fundo por 2 s, seguido de um intervalo de 1 s, seguido pela apresentação do segundo estímulo por 2 s e da resposta do voluntário. A ordem dos estímulos era aleatória. Se a resposta do voluntário era correta, ela era seguida por outro sinal sonoro de 3 s para a sequência temporal se repetir. Se a resposta era incorreta, 3 s era o intervalo entre tentativa e resposta (ou escolha) ser correta ou não. O início da apresentação do par de estímulos indicava a escolha correta eram diferentes. A duração da sessão experimental variava em duração de acordo com os erros e acertos do voluntário até proporção de 10 máximos e 10 mínimos conforme o critério final automático da mesma. Sua duração

Cada uma das 11 sessões experimentais requeridas para medir cada um dos dois filtros foi realizada pelo menos três vezes, em dias diferentes, por cada um dos 5 voluntários. Portanto, um total de 15 curvas (ou funções) foi medida para cada filtro gerando uma amostra de 300 valores para cada um dos 11 pontos estimados (cada frequência de fundo correspondeu a um ponto e a uma sessão experimental).

Resultados

A Figura 2 mostra as curvas de respostas ao contraste para os filtros de frequências radiais de 1 e 4 cpg. As frequências radiais de fundo são apresentadas nos gráficos em função da quantidade de contraste necessário para identificar a presença da frequência radial de teste no par que continha a soma. Estamos chamando este dado de limiar para a frequência de teste somada a cada frequência de fundo de limiar de contraste para o estímulo teste na soma. A linha horizontal representa a linha de base, que equivale ao limiar absoluto para detectar a frequência de teste do filtro (1 ou 4 cpg) isolada.

Nosso tratamento estatístico foi estimar o erro padrão da média para cada distribuição de 300 valores mensurados para cada ponto e corrigidos para o tamanho da amostra pelo estatístico *t-student* para obter o nível de confiança de 99%. Em experimentos anteriores, foi estabelecido que o erro padrão da média, corrigido pelo tamanho da amostra representando intervalo de confiança de 99% pelo estatístico *t-student*, de acordo com o número de valores mensurados, é um critério mais estrito do que a utilização da ANOVA ou teste *t* para amostras correlacionadas. Por exemplo, quando os intervalos dos erros-padrão da média assim corrigidos se superpõem até mesmo pela metade, ainda assim um teste *t-student* para amostras correlacionadas revela diferenças entre as médias que são significativas com $p < 0,05$. Nos casos em que os erros barras não se sobrepõem, as médias são

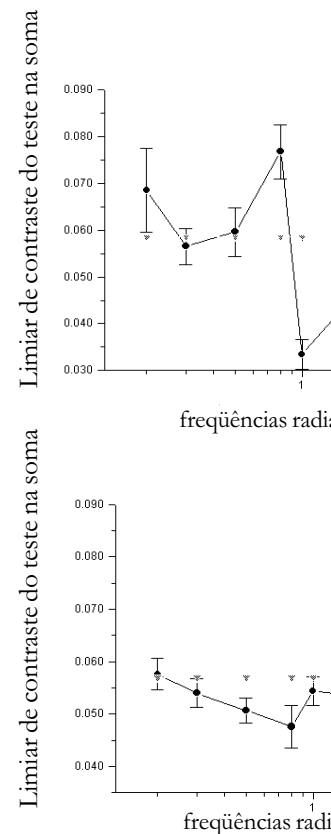


Figura 2. Mostra as curvas de respostas ao contraste para os filtros de frequências radiais de 1 e 4 cpg. As frequências radiais de fundo são apresentadas nos gráficos em função da quantidade de contraste necessário para identificar a presença da frequência radial de teste no par que continha a soma. Estamos chamando este dado de limiar para a frequência de teste somada a cada frequência de fundo de limiar de contraste para o estímulo teste na soma. A linha horizontal representa a linha de base, que equivale ao limiar absoluto para detectar a frequência de teste do filtro (1 ou 4 cpg) isolada.

indicando claramente efeitos de inibição. Em outras palavras, a banda de frequência radial é circundada em ambas as direções por uma zona de inibição.

Estes resultados são consistentes com a teoria da filtragem de frequências espaciais, onde a resposta a uma frequência específica é inibida por frequências adjacentes na faixa de frequência estudada.

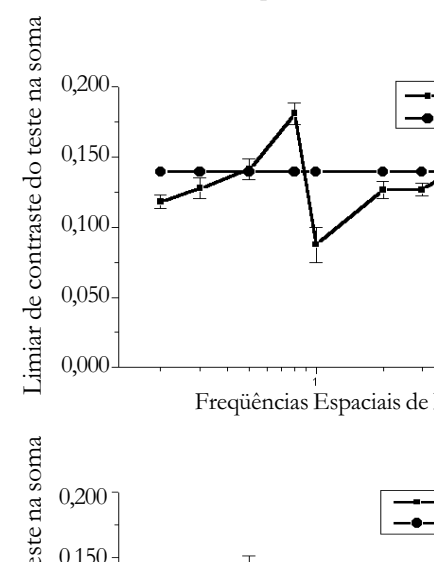
estímulo, por exemplo, frequência espacial. Assim, se um segundo estímulo que difere do primeiro ao longo da faixa de frequência (ou uma outra dimensão qualquer) é apresentado na mesma área, ele ativar um grupo de neurônios diferente do primeiro. Em outras palavras, estímulos diferentes são processados por grupos ou subunidades de neurônios diferentes, os quais formam a base dos canais ou filtros.

A filtragem espacial realizada pelo SVH parece ter uma função crucial, pois permite ao sistema lidar seletivamente com uma diversidade muito grande de características simples e complexas de objetos em estágios anteriores que possivelmente são integradas em estágios posteriores, permitindo a reconstrução e interpretação do objeto ou da cena visual, que possivelmente resulta naquilo que denominamos de percepção visual da forma. A grande maioria de nossas idéias sobre o mundo é baseada na visão.

O objetivo principal do sistema visual talvez seja representar o ambiente visual da maneira mais concreta para a realidade na qual o sistema foi adaptado. Há quem acredite, que o sistema visual exista para derivar da imagem a informação que nós precisamos e não simplesmente para recriar a imagem projetada na retina (Braddick, Campbell & Atkinson, 1978).

A existência de filtros de frequência espacial de banda estreita no SVH foi demonstrado inicialmente com estudos psicofísicos para estímulos cartesianos verticais, grade senoidal, (Blakemore & Campbell, 1969b; Graham, 1972; Sachs & cols., 1971). Esses trabalhos iniciais indicaram que os canais que processavam banda estreita eram independentes. Entretanto, com o passar dos anos, novos estudos foram surgindo e verificou-se que esses canais podiam interagir entre si (Braddick & cols., 1978; De Valois, 1977; Pollen & Ronner, 1982; Tolhurst, 1972; Tolhurst & Barfield, 1978). Em outras palavras, um modelo de canais múltiplos não implica necessariamente que em qualquer condição de estimulação e teste o sistema

coordenadas polares. Resultados nesta literatura para grade senoidal em coordenadas cartesianas (De Valois, 1977; Tolhurst, 1972; Tolhurst & Barfield, 1978) e também para estímulos de frequência espacial em coordenadas polares (Simas & cols., 1999; Simas & cols., 1999). Em alguns trabalhos com grade senoidal em coordenadas polares, a sensibilidade aumentada para frequências espaciais de cerca de uma oitava da frequência da grade senoidal (De Valois, 1977; Tolhurst, 1972; Tolhurst & Barfield, 1978). Esses autores discutiram que isso constitui uma interação entre canais de frequências espaciais de banda estreita. Os resultados também mostram interações entre canais de frequências espaciais de banda estreita e o terceiro harmônico (Pollen & Ronner, 1982). Estes resultados, se estes resultados serem com padrões cartesianos ou polares, são interessantes na medida em que mostram que os resultados para filtros radiais em coordenadas polares também apresentam interação entre canais de frequências espaciais de banda estreita. Estes resultados demonstram que os canais para frequências espaciais de banda estreita não são totalmente independentes.



A Figura 3 mostra as curvas de resposta ao contraste para filtros de frequência espacial (grade senoidal) de 1 e 4 cpg mensuradas em nosso laboratório com o mesmo método psicofísico utilizado para mensurar os filtros de frequência radial de 1 e 4 cpg. Apesar destas medidas terem sido feitas com equipamentos diferentes, as curvas de filtragem para frequência radial e grade senoidal se comportam de maneira semelhante, ou seja, ambas mostram somação máxima na frequência de teste dos filtros de 1 e 4 cpg (Figura 3). As curvas de filtragem para padrões radiais e grades senoidais deixam claras a seletividade do SVH para esses dois tipos de padrões espaciais com características espaciais um tanto diferente. Isto é, grade senoidal é um estímulo clássico cuja luminância varia senoidalmente e unidirecionalmente no espaço e pode ser facilmente definido em um sistema de coordenadas cartesianas. Ao passo que estímulo radial modulado pela função cilíndrica de Bessel é um estímulo cuja luminância varia senoidalmente e unidirecionalmente na direção radial (ou seja, a luminância varia do centro para a periferia desse tipo de padrão), o que o torna um estímulo facilmente definido em um sistema de coordenadas polares com a origem do sistema de coordenadas no centro do estímulo. Exemplos de estímulos de frequência radial, frequência angular e frequência radial/angular acoplada pode ser encontrado em Santos (1996, 1999) e Santos e Simas (2001b). Esses trabalhos também apresentam funções matemáticas utilizadas para gerar estímulos dessa natureza.

A Figura 4 ilustra exemplos de pares de estímulos de frequências espaciais, grade senoidal, utilizados para estimar, por exemplo, o filtro espacial de 1 cpg.

Os resultados encontrados para os filtros radiais de 1 e 4 cpg com o paradigma de somação de resposta de supra-limiar, também, são semelhantes aos resultados encontrados por Simas e colaboradores (Simas, 1985; Simas & Dodwell, 1990; Simas & cols., 1992) para frequências angulares, em coordenadas polares, com o mesmo

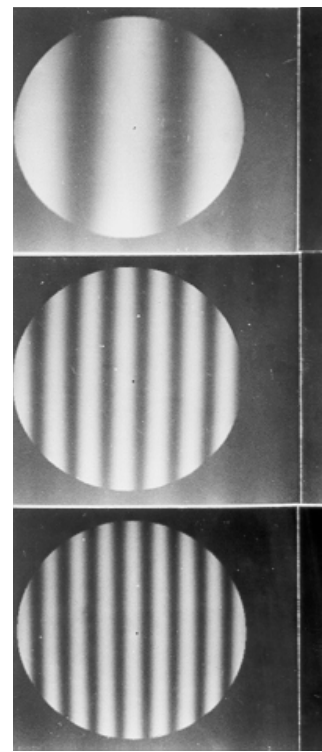


Figura 4. Exemplos de pares de estímulos de frequências espaciais, grade senoidal, utilizados para estimar, por exemplo, o filtro espacial de 1 cpg. Acima à esquerda ET de 0,3+1 cpg, ao centro ET de 0,8+1 cpg e à direita ET de 0,8+1 cpg e à direita ET de 0,8+1 cpg. EF de 1 cpg e à direita ET de 0,8+1 cpg. EF = estímulo de fundo e ET = estímulo originalmente calibrados para a distância antes de fotografado.

filtragem executado pelo SVH. Isto nos leva a crer que a circuitaria visual para se ajustar a qualquer tipo

Evidências neurofisiológicas para filtragem de estímulos espaciais em coordenadas polares:

Existem fortes evidências, baseadas em estudos psicofísicos e neurofisiológicos, de que o processamento linear ou filtragem espacial local sintonizada para orientação e frequência espacial de estímulos projetados na retina ocorre nos estágios iniciais da visão, isto é, em neurônios do córtex visual primário, V1 (De Valois & De Valois, 1988; Manahilov & Simpson, 2001; Wilkinson & cols., 2000; Wilson & Wilkinson, 1998; Wilson & cols., 1997). Ao contrário, até o momento não existe nenhum relato que unidades neurais da área visual primária, V1, executem filtragem de estímulos em coordenadas polares, amostrando áreas grandes do campo visual. Por outro lado, existem dados baseados em estudos psicofísicos em humanos (Wilkinson & cols., 1998; Wilson & Wilkinson, 1997, 1998; Wilson & cols., 1997), neurofisiológicos em primatas (Bruce, Desimone & Gross, 1981; Desimone, 1991; Desimone & Schein, 1987; Gallant & cols., 1993, 1996; Hegde & Van Essen, 2000; Heywood, Gadotti & Cowey, 1992; Merigan, 1996; van Essen, Anderson & Felleman 1992; Young, 1992) e imagem de ressonância magnética funcional em humanos (Wilkinson & cols., 2000), de que o processamento da informação que ocorre em vias intermediárias (Ex.: área visual V4) e áreas mais avançadas (Ex.: córtex visual infero-temporal, IT) do sistema visual são modeladas por filtros espaciais globais em coordenadas polares. Alguns desses trabalhos citados acima destacam que a área V4 pode formar o principal estágio intermediário da visão de forma de V1 para IT (Heywood & cols., 1992, Merigan, 1996; van Essen & cols., 1992; Wilkinson & cols., 2000; Young, 1992). Assim, é possível que a filtragem e integração de padrões em coordenadas polares ocorram em áreas visuais extra-estriado (Ex.: V4 e IT). O estudo de Wilkinson e colaboradores (2000) com a técnica de imagem de ressonância magnética funcional em humanos reforça os estudos psicofísicos com humanos e

distintas para estímulos em coordenadas polares e estímulos em coordenadas cartesianas.

Todos os resultados apresentados e discutidos neste trabalho são consistentes com a possibilidade de que estímulos em coordenadas polares são utilizados para caracterizar a resposta do SVH.

Referências

- Amidor, I. (1997). Fourier spectrum of radially periodic gratings. *the Optical Society of America*, 14, 816-826.
- Blakemore, C. & Campbell, F. C. (1969a). Adaptation in the human visual system. *Journal of Physiology*, 200, 11-12.
- Blakemore, C. & Campbell, F. C. (1969b). On the existence of spatial frequency selective mechanisms in the human visual system selectively sensitive to the size of retinal images. *Journal of Physiology*, 203, 237-253.
- Blakemore, C., Nachmias, J. & Sutton, P. (1970). The existence of spatial frequency selective neurones in the human brain. *Journal of Physiology*, 210, 727-750.
- Braddick, O., Campbell, F. W. & Atkinson, J. (1975). Basic aspects. Em R. Held, H. W. Leibowitz & J. P. R. (Eds.), *Handbook of sensory physiology: Perception* (Vol. V). Springer-Verlag.
- Bruce, C. J., Desimone, R. & Gross, C. G. (1981). Visual areas in a polysensory area in superior temporal sulcus. *Journal of Neurophysiology*, 46, 369-384.
- Campbell, F. W. & Maffei, L. (1970). Electrophysiological evidence of orientation and size detectors in the human visual system. *Journal of Physiology*, 207, 635-652.
- Campbell, F. W. & Maffei, L. (1974). Contrast and spatial frequency. *American Journal of Physiology*, 231, 106-114.
- Campbell, F. W. & Robson, F. G. (1968). Application of the Fourier transform to the visibility of gratings. *Journal of Physiology*, 207, 635-652.
- Connor, C. E. (2000). Visual perception: Monkey. *Current Biology*, 10, 836-838.
- De Valois, K. (1977). Spatial frequency adaptation and contrast sensitivity. *Vision Research*, 17, 1057-1065.
- De Valois, R. L. & De Valois, K. K. (1988). *Spatial vision*. New York: Oxford University Press.
- Desimone, R. (1991). Face-selective cells in the temporal visual cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 1-8.
- Desimone, R. & Schein, S. J. (1987). Visual properties of area V4 of macaque: Sensitivity to stimulus form. *Journal of Neurophysiology*, 57, 835-867.
- Gallant, J. L., Brau, J. & van Essen, D. C. (1993). Selective responses to polar, azimuthal, and cartesian gratings in macaque visual cortex. *Journal of Neurophysiology*, 69, 1000-1013.

- Kelly, D. H. (1982). Motion and vision: IV. Isotropic and anisotropic spatial response. *Journal of the Optical Society of America*, 72, 432-439.
- Kelly, D. H. & Magnuski, H. S. (1975). Pattern detection and the two dimensional Fourier transform: Circular targets. *Vision Research*, 15, 911-915.
- Kulikowski, J. J. & King-Smith, P. E. (1973). Spatial arrangement of line, edge and grating detectors revealed by sub-threshold summation. *Vision Research*, 13, 1455-1478.
- Maffei, L. & Fiorentini, A. (1973). The visual cortex as a spatial frequency analyzer. *Vision Research*, 13, 1255-1267.
- Manahilov, V. & Simpson, W. A. (2001). Energy model for contrast detection: Spatial-frequency and orientation selectivity in grating summation. *Vision Research*, 41, 1547-1560.
- Merigan, W. H. (1996). Basic visual capabilities and shape discrimination after lesions of extrastriate area V4 in macaques. *Visual Neuroscience*, 13, 51-60.
- Pantle, A. & Sekuler, R. (1968). Size detecting mechanisms in human vision. *Science*, 162, 1146-1148.
- Pollen, D. A. & Ronner, S. F. (1982). Spatial computation performed by simple and complex cells in the visual cortex of the cat. *Vision Research*, 22, 101-118.
- Sachs, M. B., Nachmias, J. & Robson, J. G. (1971). Spatial frequency channels in human vision. *Journal of the Optical Society of America*, 61, 1176-1186.
- Santos, N. A. (1996). *Sistema visual humano: Filtragem de frequências radiais moduladas por perfis de Bessel j0, j1, j2, j4, j8 e j16*. Dissertação de Mestrado não-publicada, Curso de Pós-Graduação em Neurociências e Comportamento, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo. São Paulo, S. P.
- Santos, N. A. (1999). *Sistema visual humano: Curvas de sensibilidade e filtragem de frequências angulares, radiais e radial/angulares acopladas*. Tese de Doutorado não-publicada, Curso de Pós-Graduação em Neurociências e Comportamento, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo. São Paulo, S. P.
- Santos, N. A. & Simas, M. L. B. (2001a). Percepção e processamento visual da forma: Discutindo modelos teóricos atuais. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14, 151-160.
- Santos, N. A. & Simas, M. L. B. (2001b). Função de sensibilidade ao contraste: Indicador da percepção visual da forma e da resolução espacial. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14, 589-597.
- Sekuler, R. (1974). Spatial vision. *Annual Review of Psychology*, 25, 195-232.
- Simas, M. L. B. (1985). *Linearity and domain invariance in the visual system*. Tese de Doutorado, não-publicada, Queen's University at Kingston, Ontario, Canada, 1985. University Microfilms International, 86, 17940.
- Simas, M. L. B. & Dodwell, P. C. (1990). Angular frequency filtering: A basis for pattern decomposition. *Spatial Vision*, 5, 59-74.
- Simas, M. L. B., Frutuoso, J. T. & Vieira, F. M. (1992). Inhibitory sidebands in multiple angular filters in the human visual system. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 25, 919-923.
- Simas, M. L. B. & Santos, N. A. (1997). Radial frequency stimuli defined by Bessel functions: j16 and its relation to angular frequency. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Science (Org.), Anais do 1997 IEEE Conference on Computer Science (Org.)*, 219-224). São Carlos, S. P.: IEEE.
- Simas, M. L. B. & Santos, N. A. (1998). Harmonic summation of harmonic 2, 4, 8, and 16 cycle per degree. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Graphics, Image Processing and Visualization (Org.)*, 419-423). São Carlos, S. P.: IMPA.
- Tolhurst, D. J. (1972). Adaptation to square wave spatial frequency channels in the monkey visual system. *Physiology*, 226, 231-248.
- Tolhurst, D. J. & Barfield, L. P. (1978). Invariant spatial frequency channels. *Vision Research*, 18, 851-860.
- van Essen, D. C., Anderson, C. H. & Felleman, D. J. (1985). A hierarchical model of primate visual processing in the primate visual cortex. *Science*, 255, 419-423.
- Verrall, S. C. & Kakarala, R. (1998). Dissociation of pattern recognition. *Journal of the Optical Society of America A*, 15, 101-110.
- Wetherill, G. B. & Levitt, H. (1965). Set size and the psychometric function. *The British Journal of Psychology*, 48, 1-10.
- Wilkinson, F., Wilson, H. R. & Habak, C. (1997). The effect of radial frequency patterns. *Vision Research*, 37, 101-110.
- Wilkinson, F., James, T. W., Wilson, H. R. & Dale, M. A. (2000). An MRI study of the effects of extrastriate form vision areas by radial frequency patterns. *Biological*, 10, 1455-1458.
- Wilson, H. R. & Wilkinson, F. (1997). Effects of radial frequency patterns on visual processing in vision: From independence to summation. *Psychological Science*, 26, 939-960.
- Wilson, H. R. & Wilkinson, F. (1998). The effects of radial frequency patterns on visual processing: Implications for form vision. *Psychological Science*, 29, 294-300.
- Wilson, R. W., Wilkinson, F. & Asaad, H. A. (1997). Summation in human form vision. *Psychological Science*, 26, 939-960.
- Young, M. P. (1992). Objective analysis of the effects of radial frequency patterns on visual processing in primate cortical visual system. *Nature*, 355, 151-154.

NEPF

Núcleo de Estudos em Psicologia Fenomenológica

**Pelo avanço e difusão de instrumental metodológico de
linhagem fenomenológica na pesquisa em psicologia.**

**Prof. William B. Gomes
Curso de Pós-Graduação em Psicologia
Instituto de Psicologia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Rua Ramiro Barcelos 2600
90035.003 Porto Alegre -RS
E-mail: gomesw@.ufrgs.br**

Visite nossa H

<http://www.psicologia.ufrgs.br/fe>