

Psicofísica Clínica: Ciência Básica e sua Aplicação na Saúde

Clinical Psychophysics: Basic Science and its Application in Health

Psicofísica Clínica: Ciencia Básica y su Aplicación en la Salud

Marcelo Fernandes Costa
Universidade de São Paulo, USP

Resumo

A área de psicofísica está em franca expansão. Nos últimos anos observamos um crescente número de trabalhos na área da saúde que tem utilizado da psicofísica clínica e o seu conhecimento teórico-metodológico para extrair substratos psicofisiológicos importantes para o estudo de processos de doença e assim contribuído para o aprofundamento do conhecimento da patofisiologia de muitas doenças oftalmológicas, neurais e psiquiátricas. Portanto, a psicofísica está, cada vez mais, se inserindo como uma disciplina da psicologia que se aplica à área da saúde.

Palavras-chaves: Psicofísica, Funções visuais, Psicofisiologia sensorial, Percepção.

Abstract

The area of psychophysics is booming. In recent years we observe a growing number of jobs in healthcare that has used the clinical psychophysics and its theoretical and methodological knowledge to extract important psychophysiological substrates for the study of disease processes and thus contributed to deepening the understanding of the pathophysiology of many eye diseases, neural and psychiatric disorders. Therefore, the psychophysical this, increasingly, is entering as a discipline of psychology that applies to healthcare.

Key-words: Psychophysics, Visual Function, Sensorial Psychophysiology, Perception.

Resumen

El área de la psicofísica está en auge. En los últimos años se observa un número creciente de puestos de trabajo en la asistencia sanitaria que ha utilizado la psicofísica clínica y sus conocimientos teóricos y metodológicos para extraer importantes substratos psicofisiológicos para el estudio de procesos de la enfermedad y ha contribuido así a profundizar la comprensión de la fisiopatología de muchas enfermedades oculares, trastornos neuronales y psiquiátricos. Por lo tanto, la psicofísica está, cada vez más, presente como una disciplina de la psicología que se aplica a la asistencia sanitaria.

Palabras claves: Psicofísica, Características visuales, Psicofisiología Sensorial, Percepción.

Introdução

Abordagens para o entendimento de processos patofisiológicos de doenças mentais e sistêmicas com efeito no sistema nervoso têm, recentemente, recebido uma valiosa contribuição dos estudos clínicos em psicofísica. Apresentamos uma breve descrição da psicofísica no estudo das sensações e percepções para uma posterior inserção no campo de aplicação clínica.

A Percepção é definida como a apreciação de um estímulo físico através da mediação de um ou mais de nossos sentidos (Hoffstetter, H. W., Griffin, J. R., Berman, M. S., & Everson, R. W., 2000). Por tal definição, entendemos que a percepção é o primeiro estágio de complexidade do processamento nervoso dos eventos que geram a consciência. Em outras palavras, estudar percepção e sensação é estudar os fundamentos psicofisiológicos dos eventos conscientes.

Podemos dizer que existem três relações básicas na pesquisa em percepção. A primeira estuda a relação entre estímulo físico em nosso ambiente e a resposta fisiológica; a segunda estuda a relação entre

o estímulo e a resposta perceptual; e a terceira busca entender a relação entre resposta fisiológica e resposta perceptual.

A Psicofísica é a disciplina científica da psicologia que estuda esta relação entre estímulo físico e a resposta perceptual. Para tal, esta área da psicologia vem desenvolvendo métodos de medidas das sensações internas e das respostas perceptuais para estímulos externos. Muitos dos estudos em psicofísica estão voltados para a determinação de um limiar, ou seja, determinar o menor valor de um dado parâmetro de um estímulo que pode ser subjetivamente percebido. Fica, portanto, claro que o psicólogo que estuda os processos psicofisiológicos sensoriais e perceptuais tem que lidar com uma série de variáveis, que incluem o arranjo físico do estímulo, manipulações de uma única dimensão deste estímulo em ambiente controlado, modificações de maneira sistemática na maneira em que o estímulo é apresentado (escolha do método de apresentação do estímulo adequado) e o controle de tendências ou vieses psicológicos que podem distorcer os resultados.

Os princípios fundamentais da Psicofísica foram descritos por Gustav Teodor Fechner em 1860, no seu tratado intitulado Elementos de Psicofísica (Fechner, G. T., 1860), e permanecem em uso nos nossos dias. Neste tratado, Fechner propôs três métodos para a

1 Endereço para Correspondência: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 Bloco A, sala D-9 CEP:05508-900 Tel + 55 11 3091 1915

determinação de limiares. O Método dos Limites, que apresenta um espaçamento contínuo entre os valores de uma dada dimensão, partindo tanto de valores supra como infra-limiares. O Método dos Estímulos Constantes que propõe uma apresentação aleatória dos valores de uma dada dimensão a ser testada e o Método do Ajuste, no qual o próprio sujeito controla os valores de uma dada dimensão em teste. O valor do limiar é, então obtido pela criação de uma função (função psicométrica) entre os valores testados e a porcentagem de respostas corretas ou idênticas apresentadas pelo indivíduo. Definiu-se que o limiar é o valor que corresponde ao acerto ou identificação de 50% dos estímulos apresentados. Desta forma, temos acesso não só aos eventos conscientes mas, de uma maneira geral, lidamos com os limites da consciência, dado pelo valor do limiar.

Além das medidas de limiares, métodos psicofísicos também são utilizados para medir a magnitude de sensações supralimiares como uma função da magnitude do estímulo (Stevens, S. S., 1957; Lupandin, V. I. & Sedelnikova, O. A., 1988) e eventos mentais mais complexos como os cognitivos de atenção, memória, imaginação, entre outros (Baird, J. C. & Harder, K. A., 2000; Deregowski, J. B. & McGeorge, P., 2008).

Do Laboratório para a Clínica

O entendimento das relações entre estímulo e resposta comportamental dos eventos perceptuais subjetivos e, quais as condições e situações em que estas relações podem afetar a precisão, o julgamento baseado na observação e, até mesmo, a própria resposta comportamental do indivíduo, seja verbal ou não, são de fundamental importância para a aplicação clínica da psicofísica.

De acordo com (Gescheider, G. A., Sklar, B. F., Van Doren, C. L., & Verrillo, R. T., 1985), as medidas psicofísicas podem ser aplicadas para a obtenção de informações distintas, porém, complementares com relação à nossa percepção. As especificações descritivas das capacidades sensoriais são úteis para o estabelecimento de valores de limiares em indivíduos normais.

Dentro de uma perspectiva inferencial, estas medidas servem de substrato para o estabelecimento de valores normativos e faixas de normalidade, o que configura, para a descrição psicofísica, uma utilidade clínica no estabelecimento de parâmetros de normalidade para uma determinada função. Uma das grandes vantagens do uso de métodos psicofísicos para a avaliação de eventos perceptuais é que, em primeiro lugar, trata-se de métodos não-invasivos para o estudo de funções neurais; segundo, são métodos de rígidos controles experimentais e alta replicabilidade, que permite segurança frente ao resultado medido; e em terceiro, os métodos psicofísicos são de alto refinamento e precisão, podendo medir atividades em

nível cerebral (ver Wald, G. 1964). Fica, portanto, evidente que a utilização da psicofísica para fins descritivos é uma ferramenta de grande utilidade clínica, pois há a possibilidade de seu uso como ferramenta diagnóstica.

A psicofísica também pode ser utilizada para testar hipóteses sobre os mecanismos neurofisiológicos envolvidos nos processos perceptuais do indivíduo. A comparação dos resultados de um evento perceptual – uma resposta psicofísica para a relação entre o brilho de uma luz e a intensidade física desta luz – com os resultados de um evento fisiológico – resposta da atividade neural dos fotorreceptores da retina para as diferentes intensidades de luz – proporcionam a nós, cientistas, o entendimento das bases físicas e fisiológicas de um evento privado, subjetivo, como a percepção de brilho (Corliss, D. A. & Norton, T. T., 2002).

As capacidades que a psicofísica tem tanto na descrição das capacidades sensoriais como na formulação de hipóteses que aproximam a percepção subjetiva da atividade fisiológica específica causaram forte impacto na comunidade científica de várias áreas do conhecimento, mas principalmente, da visão. Muitos testes empregados rotineiramente na clínica oftalmológica e em centros de reabilitação utilizam de métodos psicofísicos para o acesso à capacidade visual do paciente (Alexander, K. R., Barnes, C. S., Fishman, G. A., Pokorny, J., & Smith, V. C., 2004; Bane, M. C. & Birch, E. E., 1992). No entanto, grande parte dos estudos da função sensorial e perceptual em processos patológicos da visão ainda se dão em ambiente de pesquisa.

A psicofísica visual tem estudado as mais diversas funções visuais, como visão espacial, visão de cores, percepção de profundidade, com uma considerável parte dos trabalhos focados no desenvolvimento destas funções. Seguiremos, assim, no nosso texto, comentando brevemente sobre cada uma destas funções e as recentes contribuições clínicas para diversas áreas da saúde como as áreas médicas (neurologia, psiquiatria, oftamologia e pediatria), a psicologia, fisioterapia, fonoaudiologia, pedagogia, para citar algumas.

Visão Espacial

A visão espacial se refere à nossa capacidade de detectar, discriminar e reconhecer objetos baseada nas características espaciais destes objetos, ou seja, como eles estão distribuídos no espaço físico à nossa volta.

Dada a importância desta função perceptual para nós humanos, muitos cientistas colocam que o nosso sistema visual se desenvolveu, essencialmente, para a detecção dos padrões de claro e escuro que vindo do ambiente, incidem sobre nossa retina (Hubel, D. H., 1982; Souza, G. S., Gomes, B. D., Silva, M. F., & Silveira, L. C. L., 2009).

Para a avaliação dos aspectos espaciais da

percepção visual, os pesquisadores têm utilizado as medidas de limiares de duas funções espaciais: a acuidade visual e a sensibilidade ao contraste.

A acuidade visual se refere à nossa capacidade perceptual de detectar detalhes espaciais finos, em uma situação de contrastes altos ou máximo (Kaufman, P. A. & Alm, A., 2002).

Estudos experimentais estão, há mais de três décadas, estudando o desenvolvimento desta função nas diversas faixas etárias. O estado da arte mostra que a percepção de detalhes espaciais está funcionando plenamente entre 7 e 10 anos de idade (Tananuvat, N. et al., 2004; Teller, D. Y., 1990).

O conhecimento sobre o desenvolvimento desta função visual tem sido empregado para o diagnóstico de ambliopia, que é uma doença funcional, na qual o olho perde capacidade de ver detalhes, e não está ligada a alterações oculares identificadas pela avaliação clínica (Daw, N. W., 1998; Vedamurthy, I., Suttle, C. M., Alexander, J., & Asper, L. J., 2008).

Além da ambliopia, a psicofísica tem mostrado alterações na acuidade visual em outras doenças oculares como a catarata (Lloyd, I. C. et al., 1995) e doenças sistêmicas ou do sistema nervoso como a Síndrome de Waardenburg tipo 2 (Ohno, N. et al., 2003), intoxicação por medicamentos (Palmer, C. A., 1972), doenças genéticas (Mantyljarvi, M. et al., 2001) e em bebês e crianças com paralisia cerebral (Costa, M. F. et al., 2001; Costa, M. F. et al., 2002).

A Sensibilidade ao Contraste é uma medida complementar à da acuidade visual. Ela determina nossa capacidade perceptual pra diferentes padrões e distâncias espaciais. Seu desenvolvimento ainda é motivo de estudos experimentais (Betts, L. R., Sekuler, A. B., & Bennett, P. J., 2009; Haegerstrom-Portnoy, G., Schneck, M. E., & Brabyn, J. A., 1999), porém, alterações nesta função visual são demonstradas em doenças psicopatológicas como a esquizofrenia (Delord, S. et al., 2006; Keri, S. & Benedek, G., 2007) e a depressão (Bubl, E., Van Elst, L. T., Gondan, M., Ebert, D., & Greenlee, M. W., 2007; Wesner, M. F. & Tan, J., 2006), em quadros de intoxicação por vapor de mercúrio (Canto-Pereira, L. H. M. et al., 2005; Ventura, D. F. et al., 2005), na dislexia (Demb, J. B., Boynton, G. M., Best, M., & Heeger, D. J., 1998; Floyd, R. A., Dain, S. J., & Elliott, R. T., 2004) entre outras.

Visão de cores

A visão de cores humana, como as outras funções visuais, não exige esforços e por causa da natureza privada das percepções individuais, talvez não seja intuitivamente óbvio como se pode estudar o fenômeno da visão de cores. Como comparar quantitativamente a percepção de cores entre dois ou mais indivíduos?

A psicofísica apresenta as ferramentas adequadas para responder a tal questionamento. Na verdade, a determinação da presença de três curvas diferentes

de absorção dos diferentes comprimentos de onda do espectro foi obtida pelo método psicofísico da equiparação (WALD, G., 1964). Neste método, uma luz que é composta por apenas um comprimento de onda deve ser equiparada com outra luz, apresentada no campo adjacente, formado pela combinação de três diferentes filtros. A proporção de cada filtro na equiparação para diferentes luzes de distintos comprimentos de onda resultam nas respectivas curvas de absorção espectral.

O estudo do desenvolvimento desta função visual ainda está em plena ascensão e sugerem que a maturidade para esta função ocorra no período de adolescência, entre 15 e 18 anos (Costa, M. F., Ventura, D. F., Perazzolo, F., Murakoshi, M., & Silveira, L. C. D., 2006; Ventura, D. F. et al., 2002). A avaliação da visão de cores ganhou, recentemente, uma forte importância nas avaliações sensorio-perceptuais, uma vez que têm mostrado uma grande sensibilidade para se determinar quantitativamente, alterações funcionais em uma série de doenças sistêmicas, em condições pré-clínicas, como a diabetes (Feitosa-Santana, C. et al., 2006; Gualtieri, M., Nishi, M., Lago, M., & Ventura, D. F., 2005), em doenças genéticas como as distrofias musculares (Consalez, G. G. et al., 1991; Costa, M. F. et al., 2005) e a neuropatia óptica hereditária de Leber (Ventura, D. F. et al., 2004; Ventura, D. F. et al., 2007), doença de Parkinson (Biousse, V. et al., 2004), Alzheimer (Croningolomb, A., Sugiura, R., Corkin, S., & Growdon, J. H., 1993), esquizofrenia (Pinckers, A. & Cruysberg, J. R. M., 1992; Prager, S. & Jeste, D. V., 1993), depressão (Cavezian, C. et al., 2007), intoxicação por drogas como o tamoxifeno (Eisner, A. & Incognito, L. J., 2006), vapor de mercúrio (Feitosa-Santana, C. et al., 2008; Gobba, F. & Cavalleri, A., 2003), solventes orgânicos (Moura, A. L. et al., 2008) e cloroquina (Browning, D. J., 2002), esclerose múltipla (Moura, A. L. et al., 2008; Pinckers, A. & Cruysberg, J. R. M., 1992), entre outros.

Contribuições Clínicas da Psicofísica: Quadro atual e perspectivas futuras

Dentre as áreas da saúde que já se servem da avaliação psicofísica visual para o diagnóstico, monitoramento da evolução clínica de doenças, bem como indicadores de efeitos de tratamento estão a oftalmologia e a neurologia. O diagnóstico de glaucoma é baseado nas evidências clínicas de aumento de pressão intraocular e alterações de fundo de olho e presença de alterações específicas na perimetria (Anderson, R. S., 2006; Hood, D. C. et al., 2004). A perimetria é uma avaliação psicofísica que determina o limiar de detecção para estímulos de luz em vários pontos de uma determinada área do campo visual. Além do glaucoma, a perimetria tem sido cada vez mais utilizada para o estudo dos efeitos neurais de medicamentos sobre o sistema visual sensorial (Eisner, A., Austin, D. F., & Samples, J. R., 2004; McDonagh, J. et al., 2003) e doenças da retina (Rotenstreich, Y.,

Fishman, G. A., Lindeman, M., & Alexander, K. R., 2004; Terasaki, H. et al., 1999).

A neurologia e a psiquiatria também estão, cada vez mais, utilizando recursos da psicofísica para o diagnóstico e o estudo da patofisiologia de doenças neurológicas e psiquiátricas principalmente para a esclerose múltipla (Moura, A. L. et al., 2008; Vleugels, L. et al., 2001), a doença de Parkinson (Castelo-Branco, M. et al., 2009; Pereira, J. B. et al., 2009), o autismo (Anderson, C. J., Colombo, J., & Jill, Shaddy D., 2006; Kern, J. K. et al., 2007) e a doença de Alzheimer (Kavcic, V., Fernandez, R., Logan, D., & Duffy, C. J., 2006; Reisberg, B. et al., 2008).

A psicofísica clínica se aproxima, cada vez mais, de uma contribuição para o entendimento do processamento psicofisiológico em psicopatologias. Estes estudos têm, pioneiramente, mostrado que os mecanismos psicofisiológicos sensoriais e perceptuais apresentam alterações em muitos destes estados psicopatológicos como depressão (Friberg, T. R., Bremer, R. W., & Dickinsen, M., 2007; Keilp, J. G. et al., 2007), o transtorno obsessivo-compulsivo (Kim, J. et al., 2007), a desordem bipolar (Clark, L. & Sahakian, B. J., 2008), a esquizofrenia (Cavezian, C. et al., 2007; Schneider, U. et al., 2002), anorexia nervosa e bulimia (Kucharska-Pietura, K., Nikolaou, V., Masiak, M., & Treasure, J., 2004; Lopez, C. A., Tchanturia, K., Stahl, D., & Treasure, J., 2008) e autismo (Avikainen, S., Kulomaki, T., & Hari, R., 1999; McCleery, J. P., Allman, E., Carver, L. J., & Dobkins, K. R., 2007). Estas doenças, no passado, eram entendidas apenas como mal funcionamento de processos cognitivos e mentais relacionados ao processamento do sistema nervoso central de alto nível. A psicofísica, desta forma, vem contribuir para o futuro entendimento, de maneira mais completa, destas psicopatologias, auxiliando no esclarecimento de construção subjetiva nos níveis iniciais do processamento da informação física do ambiente.

O Brasil apresenta importantes trabalhos científicos na área de psicofísica clínica. Trabalhos pioneiros mostrando alterações subclínicas na visão de pacientes com diabetes tipo 2 (Feitosa-Santana, C. et al., 2006; Gualtieri, M., Nishi, M., Lago, M., & Ventura, D. F., 2005; Ventura, D. F. et al., 2003). Estes pacientes diabéticos apresentavam condições clínicas endocrinológicas e oftalmológicas consideradas normais e estáveis, baseado em avaliações de glicemia e médico-clínicas. Outra contribuição pioneira de nosso grupo está na identificação de alterações funcionais na visão de crianças com Distrofia Muscular de Duchenne (Costa, M. F. et al., 2005), doença genética que afeta principalmente os músculos, mas também o cérebro e a retina. As intoxicações ocupacionais por mercúrio também geram alterações sensorio-perceptuais na visão, como mostrado em trabalhos inéditos sobre o assunto (Barboni, M. T. et al., 2009; Costa, M. F., Tomaz, S., de Souza, J. M., Silveira, L.

C., & Ventura, D. F., 2008; Feitosa-Santana, C. et al., 2008; Ventura, D. F. et al., 2005).

Uma importante parcela dos trabalhos nacionais também envolve o desenvolvimento de métodos, aplicações experimentais e discussão teórico-metodológica (Costa, M. F., Ventura, D. F., Perazzolo, F., Murakoshi, M., & Silveira, L. C. D., 2006; Goulart, P. R. et al., 2008; Santana, C. F. et al., 2005; Santos, N. A., Simas, M. L., & Nogueira, R. M., 2004; Simas, M. L., Nogueira, R. M., & Santos, N. A., 2005).

A identificação da inserção da psicofísica como método clínico está na capacidade de se manter o rigor metodológico com um tempo de aplicação dos testes que possam ser viáveis no ambiente clínico. Avaliações psicofísicas demandam de horas de testagem e um grande número de repetições dos estímulos. Modificações nos métodos clássicos apresentados inicialmente têm proporcionado uma migração para o ambiente clínico mais viável, porém, ainda restrita a uma pequena parcela de métodos e funções. No entanto, as perspectivas futuras da área de psicofísica aplicada ao estudo clínico de patologias, psíquicas e neurais são altamente promissoras. O desenvolvimento de técnicas psicofísicas cada vez mais aprimoradas, junto aos avanços tecnológicos que nos permite utilizar cada vez mais de equipamentos de alta qualidade e precisão, aponta para uma direção futura, na qual cada vez mais a psicologia sensorial e perceptual atuará e contribuirá como uma disciplina da saúde. Em outra vertente desta área, o estudo das relações entre medidas sensoriais e perceptuais, cada vez mais frequentes e em maior quantidade, e o desenvolvimento do conhecimento neurofisiológico, cada vez mais acelerado, certamente trará grandes contribuições para o entendimento sobre o funcionamento do sistema nervoso em situações de normalidade e doença, bem como ampliará nosso conhecimento, referente às bases fisiológicas dos processos mentais conscientes, iniciados pela sensação e percepção e continuados pela cognição e eventos mentais mais complexos, e dos comportamentos relacionados ou não a estes eventos.

Referências Bibliográficas

- Alexander, K. R., Barnes, C. S., Fishman, G. A., Pokorny, J., & Smith, V. C. (2004). Contrast sensitivity deficits in inferred magnocellular and parvocellular pathways in retinitis pigmentosa. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *45*, 4510-4519.
- Anderson, C. J., Colombo, J., & Jill, S. D. (2006). Visual scanning and pupillary responses in young children with Autism Spectrum Disorder. *J.Clin.Exp.Neuropsychol.*, *28*, 1238-1256.
- Anderson, R. S. (2006). The psychophysics of glaucoma: improving the structure/function relationship. *Prog.Retin.Eye Res.*, *25*, 79-97.
- Avikainen, S., Kulomaki, T., & Hari, R. (1999). Normal movement reading in Asperger subjects. *Neuroreport*, *10*, 3467-3470.
- Baird, J. C. & Harder, K. A. (2000). The psychophysics of imagery. *Percept.Psychophys.*, *62*, 113-126.
- Bane, M. C. & Birch, E. E. (1992). VEP acuity, FPL acuity, and

- visual behavior of visually impaired children. *J.Pediatr.Ophthalmol.Strabismus*, *29*, 202-209.
- Barboni, M. T., Feitosa-Santana, C., Zachi, E. C., Lago, M., Teixeira, R. A., Taub, A., da Costa, M. F., Silveira, L. C., & Ventura, D. F. (2009). Preliminary findings on the effects of occupational exposure to mercury vapor below safety levels on visual and neuropsychological functions. *J.Occup.Environ.Med.*, *51*, 1403-1412.
- Betts, L. R., Sekuler, A. B., & Bennett, P. J. (2009). Spatial characteristics of center-surround antagonism in younger and older adults. *J.Vis.*, *9*, 25-15.
- Biousse, V., Skibell, B. C., Watts, R. L., Loupe, D. N., Drews-Botsch, C., & Newman, N. J. (2004). Ophthalmologic features of Parkinson's disease. *Neurology*, *62*, 177-180.
- Browning, D. J. (2002). Hydroxychloroquine and chloroquine retinopathy: screening for drug toxicity. *Am.J.Ophthalmol.*, *133*, 649-656.
- Bubl, E., Van Elst, L. T., Gondan, M., Ebert, D., & Greenlee, M. W. (2007). Vision in depressive disorder. *World J.Biol.Psychiatry* *1-8*.
- Canto-Pereira, L. H. M., Lago, M., Costa, M. F., Rodrigues, A. R., Saito, C. A., Silveira, L. C. L., & Ventura, D. F. (2005). Visual impairment on dentists related to occupational mercury exposure. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, *19*, 517-522.
- Castelo-Branco, M., Mendes, M., Silva, F., Massano, J., Janeiro, G., Janeiro, C., & Freire, A. (2009). Motion integration deficits are independent of magnocellular impairment in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, *47*, 314-320.
- Cavezian, C., Danckert, J., Lerond, J., Dalery, J., d'Amato, T., & Saoud, M. (2007). Visual-perceptual abilities in healthy controls, depressed patients, and schizophrenia patients. *Brain Cogn.*, *64*, 257-264.
- Clark, L. & Sahakian, B. J. (2008). Cognitive neuroscience and brain imaging in bipolar disorder. *Dialogues.Clin.Neurosci.*, *10*, 153-163.
- Consalez, G. G., Thomas, N. S., Stayton, C. L., Knight, S. J., Johnson, M., Hopkins, L. C., Harper, P. S., Elsas, L. J., & Warren, S. T. (1991). Assignment of Emery-Dreifuss muscular dystrophy to the distal region of Xq28: the results of a collaborative study. *Am.J.Hum.Genet.*, *48*, 468-480.
- Corliss, D. A. & Norton, T. T. (2002). Principles of Psychophysical Measurement. In T.T.Norton, D. A. Corliss, & J. E. Bailey (Eds.), *The Psychophysical Measurement of Visual Function* (pp. 1-34). Massachusetts: Susan F. Pioli.
- Costa, M. F., Haro-Munoz, F. M., Berezovsky, A., Salomao, S. R., de Souza, J. M., & Ventura, D. F. (2002). Grating acuity deficit and amblyopia by sweep-vep in children with spastic cerebral palsy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *43*, U1323.
- Costa, M. F., Oliveira, A. G. F., Santana, C. F., Lago, M., Zatz, M., & Ventura, D. F. (2005). Red-green color vision and luminance contrast sensitivity losses in Duchenne Muscular Dystrophy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *46*, 4576.
- Costa, M. F., Tomaz, S., de Souza, J. M., Silveira, L. C., & Ventura, D. F. (2008). Electrophysiological evidence for impairment of contrast sensitivity in mercury vapor occupational intoxication. *Environ.Res.*, *107*, 132-138.
- Costa, M. F., Ventura, D. F., Perazzolo, F., Murakoshi, M., & Silveira, L. C. D. (2006). Absence of binocular summation, eye dominance, and learning effects in color discrimination. *Visual Neuroscience*, *23*, 461-469.
- Costa, M. F., Ventura, D. F., Salomo, S. R., Berezovsky, A., De Haro, F. M. B., & Tabuse, M. K. U. (2001). Grating acuity measured by sweep VEP in children with spastic cerebral-palsy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *42*, S787.
- Croningolomb, A., Sugiura, R., Corkin, S., & Growdon, J. H. (1993). Incomplete Achromatopsia in Alzheimers-Disease. *Neurobiology of Aging*, *14*, 471-477.
- Daw, N. W. (1998). Critical periods and amblyopia. *Arch.Ophthalmol.*, *116*, 502-505.
- Delord, S., Ducato, M. G., Pins, D., Devinck, F., Thomas, P., Boucart, M., & Knoblauch, K. (2006). Psychophysical assessment of magno- and parvocellular function in schizophrenia. *Vis.Neurosci.*, *23*, 645-650.
- Demb, J. B., Boynton, G. M., Best, M., & Heeger, D. J. (1998). Psychophysical evidence for a magnocellular pathway deficit in dyslexia. *Vision Research*, *38*, 1555-1559.
- Deregowski, J. B. & McGeorge, P. (2008). Perception and the art of depiction of cylindrical objects. *Perception*, *37*, 1879-1885.
- Eisner, A., Austin, D. F., & Samples, J. R. (2004). Short wavelength automated perimetry and tamoxifen use. *Br.J.Ophthalmol.*, *88*, 125-130.
- Eisner, A. & Incognito, L. J. (2006). The color appearance of stimuli detected via short-wavelength-sensitive cones for breast cancer survivors using tamoxifen. *Vision Res.*, *46*, 1816-1822.
- Fechner, G. T. (1860). *Elemente der Psychophysik*. Leipzig: Breitkopf und Härtel.
- Feitosa-Santana, C., Barboni, M. T., Oiwa, N. N., Paramei, G. V., Simoes, A. L., da Costa, M. F., Silveira, L. C., & Ventura, D. F. (2008). Irreversible color vision losses in patients with chronic mercury vapor intoxication. *Vis.Neurosci.*, *25*, 487-491.
- Feitosa-Santana, C., Oiwa, N. N., Paramei, G. V., Bimler, D., Costa, M. F., Lago, M., Nishi, M., & Ventura, D. F. (2006). Color space distortions in patients with type 2 diabetes mellitus. *Visual Neuroscience*, *23*, 663-668.
- Floyd, R. A., Dain, S. J., & Elliott, R. T. (2004). Is the perception of brightness different in poor readers? *Vision Res.*, *44*, 221-227.
- Friberg, T. R., Bremer, R. W., & Dickinsen, M. (2007). Diminished perception of light as a symptom of depression: Further studies. *J.Affect.Disord.*
- Gescheider, G. A., Sklar, B. F., Van Doren, C. L., & Verrillo, R. T. (1985). Vibrotactile forward masking: psychophysical evidence for a triplex theory of cutaneous mechanoreception. *J.Acoust.Soc.Am.*, *78*, 534-543.
- Gobba, F. & Cavalleri, A. (2003). Color vision impairment in workers exposed to neurotoxic chemicals. *Neurotoxicology*, *24*, 693-702.
- Goulart, P. R., Bandeira, M. L., Tsubota, D., Oiwa, N. N., Costa, M. F., & Ventura, D. F. (2008). A computer-controlled color vision test for children based on the Cambridge Colour Test. *Vis.Neurosci.*, *25*, 445-450.
- Gualtieri, M., Nishi, M., Lago, M., & Ventura, D. F. (2005). Color discrimination and chromatic contrast sensitivity assessed in type 2 diabetic patients without retinopathy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *46*, 4750.
- Haegerstrom-Portnoy, G., Schneek, M. E., & Brabyn, J. A. (1999). Seeing into old age: vision function beyond acuity. *Optom. Vis.Sci.*, *76*, 141-158.
- Hoffstetter, H. W., Griffin, J. R., Berman, M. S., & Everson, R. W. (2000). *Dictionary of Visual Science*. (5 ed.) Boston: Butterworth-Heinemann.
- Hood, D. C., Thienprasiddhi, P., Greenstein, V. C., Winn, B. J., Ohri, N., Liebmann, J. M., & Ritch, R. (2004). Detecting early to mild glaucomatous damage: A comparison of the multifocal VEP and automated perimetry. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *45*, 492-498.
- Hubel, D. H. (1982). Evolution of Ideas on the Primary Visual-Cortex, 1955-1978 - A Biased Historical Account. *Bioscience Reports*, *2*, 435-469.
- Kaufman, P. A. & Alm, A. (2002). *Adler's Physiology of the Eye*. (10 ed.) Missouri: Elsevier B.V.
- Kavcic, V., Fernandez, R., Logan, D., & Duffy, C. J. (2006). Neurophysiological and perceptual correlates of navigational impairment in Alzheimer's disease. *Brain*, *129*, 736-746.
- Keilp, J. G., Klain, H. M., Brodsky, B., Oquendo, M. A., Gorlyn, M., Stanley, B., & Mann, J. J. (2007). Early visual information processing deficit in depression with and without Borderline Personality Disorder. *Psychiatry Res.*, *149*, 139-145.
- Keri, S. & Benedek, G. (2007). Visual contrast sensitivity alterations in inferred magnocellular pathways and anomalous perceptual experiences in people at high-risk for psychosis. *Vis.Neurosci.*, *24*, 183-189.
- Kern, J. K., Trivedi, M. H., Grannemann, B. D., Garver, C. R., Johnson, D. G., Andrews, A. A., Savla, J. S., Mehta, J. A., & Schroeder, J. L. (2007). Sensory correlations in autism. *Autism*, *11*,

123-134.

Kim, J., Blake, R., Park, S., Shin, Y. W., Kang, D. H., & Kwon, J. S. (2007). Selective impairment in visual perception of biological motion in obsessive-compulsive disorder. *Depress.Anxiety*.

Kucharska-Pietura, K., Nikolaou, V., Masiak, M., & Treasure, J. (2004). The recognition of emotion in the faces and voice of anorexia nervosa. *Int.J.Eat.Disord.*, *35*, 42-47.

Lloyd, I. C., Dowler, J. G. F., Kriss, A., Speedwell, L., Thompson, D. A., Russelleggett, I., & Taylor, D. (1995). Modulation of Amblyopia Therapy Following Early Surgery for Unilateral Congenital Cataracts. *British Journal of Ophthalmology*, *79*, 802-806.

Lopez, C. A., Tchanturia, K., Stahl, D., & Treasure, J. (2008). Central coherence in women with bulimia nervosa. *Int.J.Eat.Disord.*, *41*, 340-347.

Lupandin, V. I. & Sedelnikova, O. A. (1988). Sequence Effect in Psychophysical Scaling. *Psikhologicheskii Zhurnal*, *9*, 100-104.

Mantjarvi, M., Nurmenniemi, P., Partanen, J., Myohanen, T., Peippo, M., & Alitalo, T. (2001). Clinical features and a follow-up study in a family with X-linked progressive cone-rod dystrophy. *Acta Ophthalmol.Scand.*, *79*, 359-365.

McCleery, J. P., Allman, E., Carver, L. J., & Dobkins, K. R. (2007). Abnormal Magnocellular Pathway Visual Processing in Infants at Risk for Autism. *Biol.Psychiatry*.

McDonagh, J., Stephen, L. J., Dolan, F. M., Parks, S., Dutton, G. N., Kelly, K., Keating, D., Sills, G. J., & Brodie, M. J. (2003). Peripheral retinal dysfunction in patients taking vigabatrin. *Neurology*, *61*, 1690-1694.

Moura, A. L., Teixeira, R. A., Oiwa, N. N., Costa, M. F., Feitosa-Santana, C., Callegaro, D., Hamer, R. D., & Ventura, D. F. (2008). Chromatic discrimination losses in multiple sclerosis patients with and without optic neuritis using the Cambridge Colour Test. *Vis.Neurosci.*, *25*, 463-468.

Ohno, N., Kiyosawa, M., Mori, H., Wang, W. F., Takase, H., & Mochizuki, M. (2003). Clinical findings in Japanese patients with Waardenburg syndrome type 2. *Japanese Journal of Ophthalmology*, *47*, 77-84.

Palmer, C. A. (1972). Toxic amblyopia from ibuprofen. *Br.Med.J.*, *3*, 765.

Pereira, J. B., Junque, C., Marti, M. J., Ramirez-Ruiz, B., Bargallo, N., & Tolosa, E. (2009). Neuroanatomical substrate of visuospatial and visuoperceptual impairment in Parkinson's disease. *Mov Disord.*, *24*, 1193-1199.

Pinckers, A. & Cruysberg, J. R. M. (1992). Color-Vision, Visually Evoked-Potentials, and Lightness Discrimination in Patients with Multiple-Sclerosis. *Neuro-Ophthalmology*, *12*, 251-256.

Prager, S. & Jeste, D. V. (1993). Sensory impairment in late-life schizophrenia. *Schizophr.Bull.*, *19*, 755-772.

Reisberg, B., Pritchep, L., Mosconi, L., John, E. R., Glodzik-Sobanska, L., Boksay, I., Monteiro, I., Torossian, C., Vedvyas, A., Ashraf, N., Jamil, I. A., & de Leon, M. J. (2008). The pre-mild cognitive impairment, subjective cognitive impairment stage of Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement.*, *4*, S98-S108.

Rotenstreich, Y., Fishman, G. A., Lindeman, M., & Alexander, K. R. (2004). The application of chromatic dark-adapted kinetic perimetry to retinal diseases. *Ophthalmology*, *111*, 1222-1227.

Santana, C. F., Costa, M. F., Lago, M., Bernick, M., Nishi, M., & Ventura, D. F. (2005). Color discrimination in type 2 diabetes mellitus patients with no retinopathy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *46*.

Santos, N. A., Simas, M. L., & Nogueira, R. M. (2004). Comparison of angular frequency contrast sensitivity in young and older adults. *Braz.J.Med.Biol.Res.*, *37*, 375-378.

Schneider, U., Borsutzky, M., Seifert, J., Leweke, F. M., Huber,

T. J., Rollnik, J. D., & Emrich, H. M. (2002). Reduced binocular depth inversion in schizophrenic patients. *Schizophr.Res.*, *53*, 101-108.

Simas, M. L., Nogueira, R. M., & Santos, N. A. (2005). Radial frequency stimuli and sine-wave gratings seem to be processed by distinct contrast brain mechanisms. *Braz.J.Med.Biol.Res.*, *38*, 419-430.

Souza, G. S., Gomes, B. D., Silva, M. F., & Silveira, L. C. L. (2009). Avaliação da sensibilidade ao contraste através da eletroencefalografia de eventos. *Neurociências*, *5*, 92-102.

Stevens, S. S. (1957). On the psychophysical law. *Psychological Review*, *64*, 153-181.

Tananuvat, N., Manassakorn, A., Worapong, A., Kupat, J., Chuwattayakorn, J., & Wattananiorn, S. (2004). Vision screening in schoolchildren: two years results. *J.Med.Assoc.Thai.*, *87*, 679-684.

Teller, D. Y. (1990). The development of visual function in infants. *Res.Publ.Assoc.Res.Nerv.Ment.Dis.*, *67*, 109-118.

Terasaki, H., Miyake, Y., Nomura, R., Horiguchi, M., Suzuki, S., & Kondo, M. (1999). Blue-on-yellow perimetry in the complete type of congenital stationary night blindness. *Invest Ophthalmol. Vis.Sci.*, *40*, 2761-2764.

Vedamurthy, I., Suttle, C. M., Alexander, J., & Asper, L. J. (2008). A psychophysical study of human binocular interactions in normal and amblyopic visual systems. *Vision Res.*, *48*, 1522-1531.

Ventura, D. F., Costa, M. F., Gualtieri, M., Nishi, M., Bernick, M., Bonci, D. M., & de Souza, J. (2003). Early vision loss in diabetic patients assessed by the Cambridge Colour Test. In J.D.Mollon, J. Pokorny, & K. Knoblauch (Eds.), *Normal and Defective Colour Vision* (1ed. ed., pp. 395-403). New York: Oxford University Press Inc.

Ventura, D. F., Costa, M. T. V., Costa, M. F., Berezovsky, A., Salomao, S. R., Simoes, A. L., Lago, M., Pereira, L. H. M. C., Faria, M. A. M., de Souza, J. M., & Silveira, L. C. L. (2004). Multifocal and full-field electroretinogram changes associated with color-vision loss in mercury vapor exposure. *Visual Neuroscience*, *21*, 421-429.

Ventura, D. F., Gualtieri, M., Oliveira, A. G., Costa, M. F., Quiros, P., Sadun, F., De Negri, A. M., Salomao, S. R., Berezovsky, A., Sherman, J., Sadun, A. A., & Carelli, V. (2007). Male prevalence of acquired color vision defects in asymptomatic carriers of Leber's hereditary optic neuropathy. *Invest Ophthalmol.Vis.Sci.*, *48*, 2362-2370.

Ventura, D. F., Rodrigues, A. R., Moura, A. A., Vargas, A. C., Costa, M. F., de Souza, J. M., & Silveira, L. L. (2002). Color discrimination measured by the cambridge colour vision test (CCNT) in children and adults. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *43*, U1046.

Ventura, D. F., Simoes, A. L., Tomaz, S., Costa, M. F., Lago, M., Costa, M. T. V., Canto-Pereira, L. H. M., de Souza, J. M., Faria, M. A. M., & Silveira, L. C. L. (2005). Colour vision and contrast sensitivity losses of mercury intoxicated industry workers in Brazil. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, *19*, 523-529.

Vleugels, L., Lafosse, C., van Nunen, A., Charlier, M., Ketelaer, P., & Vandenbussche, E. (2001). Visuoperceptual impairment in MS patients: nature and possible neural origins. *Multiple Sclerosis*, *7*, 389-401.

WALD, G. (1964). The Receptors of Human Color Vision. *Science*, *145*, 1007-1016.

Wesner, M. F. & Tan, J. (2006). Contrast sensitivity in seasonal and nonseasonal depression. *J.Affect.Disord.*, *95*, 19-28.

Recebido: 15/04/2010

Última Revisão: 24/05/2010

Aceite Final: 16/06/2010

Sobre o autor

Marcelo Fernandes Costa - Mestre e Doutor em Psicologia Área de Neurociências e Comportamento Universidade de São Paulo. Instituto de Psicologia. Professor Doutor do Depto. Psicologia Experimental e Coordenador do Programa de Pós-graduação em Neurociências e Comportamento - E-mail: costamf@usp.br