



Psicologia USP  
ISSN: 0103-6564  
revpsico@usp.br  
Instituto de Psicologia  
Brasil

da Costa Brito Lacerda, Eliza Maria; Fix Ventura, Dora; de Lima Silveira, Luiz Carlos  
Avaliação visual de sujeitos expostos de forma ocupacional a solventes orgânicos através de métodos  
psicofísicos  
Psicologia USP, vol. 22, núm. 1, 2011, pp. 117-145  
Instituto de Psicologia  
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305123739013>

- 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

## AVALIAÇÃO VISUAL DE SUJEITOS EXPOSTOS DE FORMA OCUPACIONAL A SOLVENTES ORGÂNICOS ATRAVÉS DE MÉTODOS PSICOFÍSICOS<sup>1</sup>

Eliza Maria da Costa Brito Lacerda  
Dora Fix Ventura  
Luiz Carlos de Lima Silveira

**Resumo:** Os solventes orgânicos são substâncias neurotóxicas que podem causar efeitos danosos sobre as funções visuais. É comum a exposição ocupacional a esses tipos de substâncias, pois elas apresentam grande aplicabilidade em inúmeras atividades. Os efeitos podem ser quantificados por testes psicofísicos. Os testes mais usados nesse tipo de avaliação são de ordenamento de matizes, como o Teste D15 Dessaturado de Lanthony e o Teste dos 100 Matizes de Farnsworth-Munsell, e avaliação de sensibilidade ao contraste espacial de luminância, como MCT 8000 Vistech, VCTS 6500 Vistech e FACT 101. Em geral esses testes descrevem perda de discriminação de cores, afetando tanto o eixo azul-amarelo quanto o eixo verde-vermelho, e diminuição da sensibilidade ao contraste de luminância principalmente para as frequências espaciais mais baixas. Existe correlação positiva entre os resultados da avaliação

1 Apoio financeiro: CNPq-PRONEX / FAPESPA #2268 e #089/2010; CNPq #486351/2006-8, #620037/2008-3 e #476744/2009-1; CAPES-PROCAD #182/2007; FINEP IBN-Net (Rede Instituto Brasileiro de Neurociência). Endereço eletrônico: eliza\_lacerda@yahoo.com.br.

psicofísica e vários marcadores biológicos e ambientais, mas essa correlação depende do marcador e do tipo de solvente ao qual os indivíduos são expostos. Fatores como alcoolismo crônico e tabagismo inveterado podem interferir no processo de correlacionar esses resultados.

**Palavras-chave:** Solventes orgânicos. Exposição ocupacional. Psicofísica visual. Visão de cores. Sensibilidade ao contraste.

Solventes orgânicos são substâncias compostas por hidrocarbonetos que existem em estado líquido na temperatura de 0 a 250 °C (Occupational Safety and Health Information Series [OSHS], 1998) aos quais milhões de pessoas no mundo estão expostas, devido ao seu uso em larga escala em diferentes atividades industriais, agrárias, acadêmicas e domésticas. A larga aplicabilidade dessas substâncias faz com que essa exposição possa ser decorrente de inúmeros fatores, destacando-se entre eles o fator ocupacional por ser este o que mais agride a saúde humana. A grande demanda de sujeitos expostos de forma ocupacional a solventes orgânicos tem tornado este um importante ponto de discussão em medicina do trabalho e, assim, levado a estudos cada vez mais detalhados sobre o assunto (Ahmadi, Jonsson, & Flodin, 2002; Boeckelmann & Pfister, 2003; Hanninen, Eskelinen, Husman, & Nurminen, 1976; Mergler, Bowler, & Cone, 1990; Semple et al., 2000). A maior parte das exposições ocupacionais a solventes orgânicos ocorre para misturas de solventes, sendo a inalação a principal via de contato para o organismo (Boeckelmann & Pfister, 2003; Hanninen et al., 1976; Mikkelsen, 1980; Olsen & Sabroe, 1980; Pfister, Böckelmann, Darius, & Wurthmann, 1999; National Occupational Health and Safety Commission [NOHSC], 1990).

Os solventes orgânicos são substâncias com propriedades neurotóxicas que podem atingir tanto o sistema nervoso central quanto o sistema nervoso periférico. As agressões ao sistema nervoso são provocadas provavelmente devido às propriedades lipofílicas dos solventes orgânicos (Rosenberg, 1989). De forma geral as agressões ocorrem nas estruturas lipídicas do tecido nervoso, mais precisamente na bainha de mielina dos axônios e na membrana plasmática celular (Boeckelmann & Pfister, 2003). Diversos sintomas decorrentes de exposição ocupacional têm sido descritos, entre eles ansiedade, irritabilidade, fadiga, depressão, perda de concentração, perda de memória, perda de motivação, perda cognitiva, demência, alteração na regulação postural, mialgia, hipoestesia dos membros e perda visual (Baelum, Andersen, & Molhave, 1982; Baker, 1994; Dick et al., 2002; Gregersen et al., 1984, 1987; Herpin et al., 2009; Lee

& Lee, 1883; Linz et al., 1986; Morrow, Ryan, Goldstein, & Hodgson, 1989; NOHSC, 1990; Rosemberg, 1989; Viaene, Vermeir, & Godderis, 2009). Também já foi descrito que os solventes orgânicos possuem propriedades genotóxicas (Lemaster et al., 1997) e estudos epidemiológicos mostraram que a exposição a solventes orgânicos é um fator de risco para doenças neurológicas como doença de Parkinson (Smargiassi et al., 1990), esclerose múltipla (Amaducci, Arfaio, Inzitari, & Marchi, 1982; Flodin et al., 1985) e miastenia grave (Rosenberg, 1989; Chancellor, Slattery, Fraser, & Warlow, 1993; Gunnarsson, Bodin, Söderfeldt, & Axelson, 1992; Graham, Macdonald, & Hawkes, 1997; Schulte, Burnett, Boeniger, & Johnson, 1996).

A função visual tem sido usada como importante indicador de neurointoxicação por solventes orgânicos (Baelum et al., 1982; Horan, Kurt, Landrigan, Melius, & Singal, 1985). Uma visão anormal pode estar relacionada à presença e pode ser o sintoma mais precoce de neuropatias ópticas (Rosen, 1965), encefalopatias (Paalysaho, Näsänen, Mäntyjärvi, Kaukiainen, & Sainio, 2007), perdas cognitivas (Dick et al., 2004) e outros efeitos neurotóxicos (Mutray, Wolters, Mayer-Popken, Schicketanz, & Knietzko, 1995; Ihrig, Nasterlack, Dietz, Hoffmann, & Triebig, 2003).

Os solventes orgânicos são responsáveis por mudanças em diferentes partes do sistema visual. Dentre os testes utilizados para a avaliação visual dos sujeitos expostos de forma ocupacional à mistura de solventes orgânicos, os testes psicofísicos destacam-se pela eficiência em detectar alterações, revelando perdas antes do aparecimento de fenômenos clínicos evidentes, e pela possibilidade de análise de diferentes funções visuais separadamente (Lacerda, Souza, Rodrigues, & Silveira, 2009).

Este trabalho apresenta uma breve revisão dos testes psicofísicos que têm sido descritos na literatura como os mais indicados para avaliar a visão de cores e a sensibilidade ao contraste de sujeitos expostos de forma ocupacional a solventes orgânicos.

## Avaliação psicofísica da visão de cores de sujeitos expostos de forma ocupacional a solventes orgânicos

### Teste D15 Dessaturado de Lanthony (D15D)

O Teste D15 Dessaturado de Lanthony (D15D) está baseado na habilidade do sujeito ordenar 15 peças de matizes dessaturados aproximadamente equidistantes uns dos outros, ao longo de um contorno disposto no espaço de cores cujo centro é uma região acromática (Figura 1); cada olho é testado separadamente e os resultados são quantitativamente avaliados pelo índice de confusão de cor (ICC) (Bowman, 1982). O ICC tem valor 1 quando todas as peças estão corretamente posicionadas e au-

menta conforme o número de erros do sujeito. Pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$ICC = \frac{\text{valor de erro do examinando}}{\text{valor de erro de referência}}$$

Com o uso do teste Dessaturado de Lanthony, ou D15D, a perda de visão de cores pode ser classificada em perdas para o eixo de confusão verde-vermelho, perdas para o eixo de confusão azul-amarelo e perdas difusas (Geller & Hudnell, 1997; Verriest, 1963). Esse método é semelhante ao Teste de Farnsworth D-15, uma versão mais curta de somente 15 peças do Teste de 100 Matizes de Farnsworth-Munsell (Farnsworth, 1943). No entanto, no D15D os matizes das peças são mais dessaturados, o que permite a detecção e quantificação de discromatopsias mais precisamente do que no Farnsworth D-15 – um teste usado para triagem de defeitos congênitos (Birch, 2001).

O D15D é o teste mais sensível descrito pela literatura para avaliação da visão de cores em sujeitos expostos a solventes orgânicos e isso se deve ao fato de possibilitar a detecção de perdas subclínicas da visão de cores, ser especialmente sensível para deficiências da visão azul-amarelo e, além disso, ter como grande vantagem a portabilidade e rapidez para aplicação da metodologia. É um teste indicado para detecção de perda de visão de cores adquirida em trabalhadores expostos a solventes orgânicos (Mergler & Blain, 1987).

Estudos utilizando o D15D para avaliação de sujeitos expostos de forma ocupacional a solventes orgânicos têm revelado perda de visão de cores. Por exemplo, no estudo de Mergler e Blain (1987) da visão de cores de trabalhadores expostos a misturas de solventes orgânicos como acetona, metil-etil-cetona, tolueno, xileno, estireno, 2-etanoxi-etanol, 2-etanoxi-etanol-acetato. Esses autores observaram uma prevalência de 52,2% de perda de visão de cores em sujeitos com exposição moderada ou alta. Estas perdas aconteciam para visão azul-amarela e, em alguns casos, também para visão verde-vermelha.

Resultados semelhantes foram obtidos em trabalhadores expostos de forma crônica a mistura de solventes contendo cetona, metil-etil-cetona, 1,2-dicloroetano, butil-acrilato, metil-isobutil-cetona, tolueno, n-butanal-acetona, etil-benzeno, xileno, estireno e cicloexanona (Gong et al., 2003), e em moradores de apartamentos com lavanderia e funcionários de lavanderia expostos a tetracloroetileno (também conhecido como tetracloroetano ou percloroetileno) (Schreiber et al., 2002).

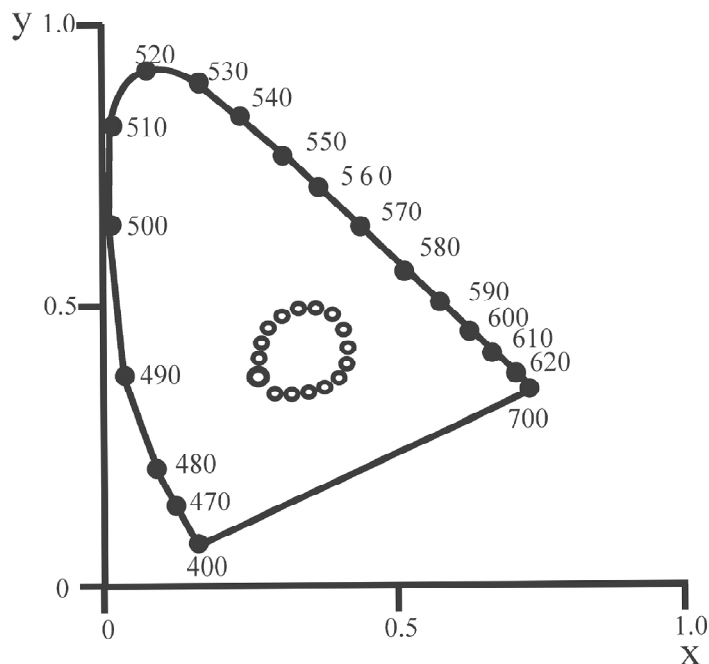
Na avaliação de trabalhadores de fábrica de destilação petroquímica expostos a outra mistura de solventes contendo isopentano, hexano, heptano, octano, cicloexano, metil-ciclohexano, benzeno, tolueno, xileno,

etil-benzeno, 1,1,1-tricloroetano e metil-terciário-butil-éter, foi descrita perda de visão de cores dependente da idade e independente de um eixo de confusão de cor específico (Lee, Eum, Cho, Cheong, & Paek, 2007). Deficiência na visão de cores dependente do tempo de exposição e da idade também foi observada em pintores expostos a uma mistura de solventes que incluía xileno, metil-etil-cetona, nafta, 2,etoxi-etanol, diclorometano e acetona (Semple et al., 2000), em pintores expostos a tolueno e em trabalhadores expostos a estireno, que apresentaram perdas tanto para a visão azul-amarela como verde-vermelha (Campagna et al., 2001; Eguchi et al., 1995). Já no estudo de Mergler, Belanger, De Grosbois e Vachon (1988), os trabalhadores expostos de forma crônica a misturas de solventes orgânicos apresentaram perda de visão verde-vermelha e azul-amarela, mas não houve correlação com a idade.

A associação da deficiência de visão de cores com evidências de encefalopatia crônica em sujeitos expostos a solventes orgânicos sugere que uma visão de cores alterada para esses sujeitos é um fator de risco importante para alterações neuropsicológicas (Semple et al., 2000), entre elas a perda cognitiva (Dick et al., 2002).

No entanto nem toda deficiência de visão de cores em exposição ocupacional detectada pelo D15D está diretamente relacionada à perda cognitiva. Isto foi observado no estudo de pintores com deficiência de visão de cores que, quando foram submetidos a testes de avaliação cognitiva, não apresentaram correlação entre o grau de perda visual e o grau de perda cognitiva (Dick et al., 2004; Ihrig et al., 2003).

O D15D tem sido recomendado para avaliação da visão de cores de sujeitos expostos a solventes orgânicos (Mergler & Blain, 1987) e revela certa associação entre perda de visão de cores e perda cognitiva (Dick et al., 2002). No entanto, não pode ser usado diretamente como um teste de triagem para alterações cognitivas. Em alguns estudos, a perda de visão de cores detectada pelo D15D restringiu-se a uma faixa etária determinada de sujeitos estudados, como ocorreu no estudo com pintores no qual se verificou que os sujeitos com idade entre 25 e 55 anos apresentaram diminuição significativa da visão de cores enquanto sujeitos acima de 55 anos não tinham alteração visual (Ihrig et al., 2003).



*Figura 1.* Localização das peças do Teste D15 Dessaturado de Lanthony no espaço de cor CIE 1931. Os círculos vazados indicam cada uma das peças, sendo o maior círculo, a peça de referência.

### Teste dos 100 Matizes de Farnsworth-Munsell (FM-100)

O Teste dos 100 Matizes de Farnsworth-Munsell está baseado na habilidade do sujeito de ordenar 85 peças pintadas com matizes de mesma saturação e brilho e iluminação fotópica em uma sequência cromática do espaço de cores.

Cada olho é testado separadamente e os resultados são quantitativamente avaliados de acordo com o valor de erro do sujeito (Farnsworth, 1957). Cada um dos matizes apresenta um número de ordenamento, desconhecido pelo sujeito testado. A magnitude do erro é calculada para cada peça. É proporcional à distância entre a ordenação feita pelo sujeito e a posição correta da peça.

O FM-100 é menos sensível que o D15D e pode servir para detectar falsos positivos obtidos pelo D15D (Geller & Hudnell, 1997; Iregren, Anderson, & Nylen, 2002). Trabalhadores expostos a misturas de solventes orgânicos, entre eles acetona, metil-etil-cetona, tolueno, xileno, estireno, 2-etanoxi-etanol e 2-etanoxi-etanol-acetato, avaliados pelo FM-100, apresentaram uma prevalência de 47,2% de perda de visão de cores, em sujeitos com exposição moderada e alta. Essas perdas aconteciam para a visão azul-amarela e, em alguns casos, também para visão verde-verme-

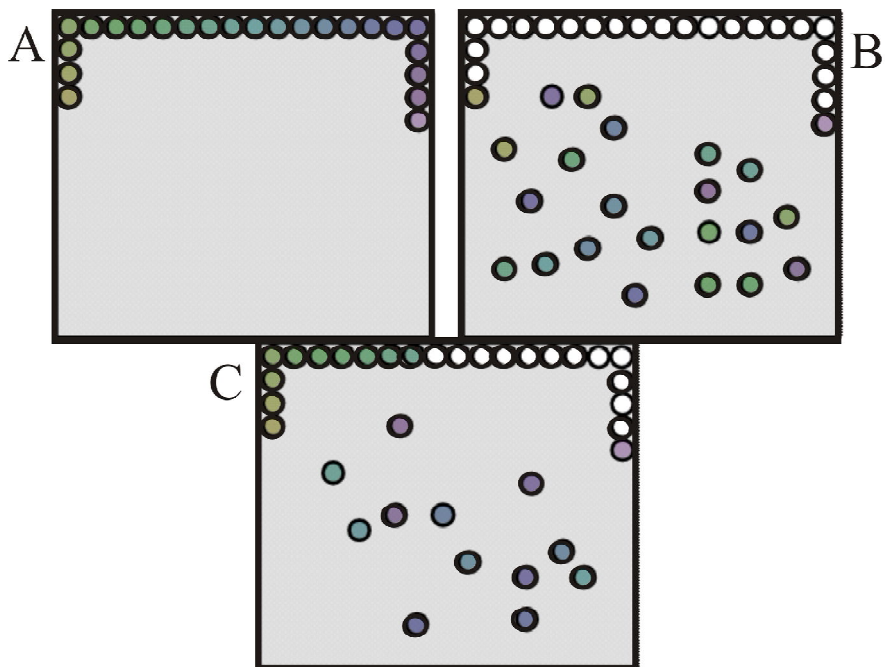
lha. Esses resultados foram comparados no mesmo trabalho com os resultados do D15D para o qual a prevalência foi maior (52,25%) e, como mencionado acima, o FM-100 foi importante na detecção de falsos positivos obtidos pelo D15D (Mergler & Blain, 1987).

Deficiência na visão de cores associada à polineuropatia também foi descrita para exposição ocupacional a n-hexano, na qual os valores de erro parcial (azul-amarelo ou verde-vermelho) e total (azul-amarelo mais verde-vermelho) foram significativamente maiores nos sujeitos expostos em comparação com os sujeitos controle (Issever, Malat, Sabuncu, & Yuksel, 2002).

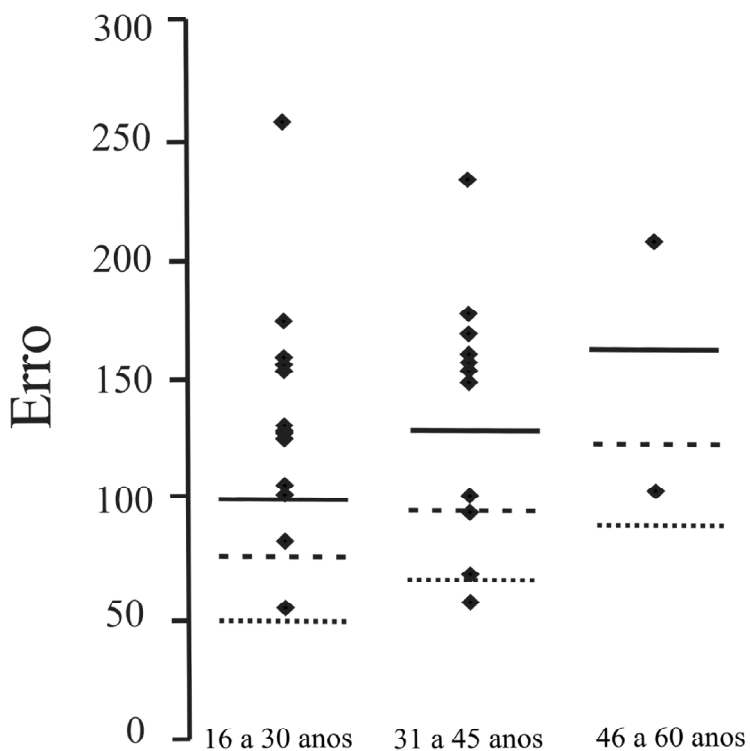
Sujeitos expostos a solventes orgânicos apresentaram maior média de valores de erro no FM-100 que sujeitos do grupo controle e o dano na visão de cores está associado à presença de encefalopatia crônica ou mesmo pode ser causado pela encefalopatia crônica induzida pela exposição a solventes; assim, o uso do FM-100 pode gerar indicadores para o estágio da encefalopatia (Paallysaho et al., 2007). A exposição ocupacional ao estireno não resulta em valores de erro no FM-100 significativamente maiores dos sujeitos expostos comparados aos sujeitos controle, apesar de os sujeitos expostos apresentaram tendência de maior erro para os eixos de confusão de cores sugerindo que a exposição a moderadas concentrações de estireno pode causar perda de visão de cores (Fallas, Fallas, Maslard, & Dally, 1992).

No Laboratório de Neurofisiologia Eduardo Oswaldo Cruz e no Laboratório de Neurologia Tropical, ambos da UFPA, uma versão computadorizada do Teste dos 100 Matizes de Farnsworth-Munsell (Figura 2) (Braga, 1996; Rodrigues, 2003; Rodrigues et al., 2007; Silveira et al., 2003) foi usada na avaliação de frentistas de postos de distribuição de combustíveis e encontrou resultados semelhantes aos descritos na literatura para versão impressa desse teste, evidenciando perda na visão de cores do tipo difusa (Lacerda et al., 2008, 2010; Lacerda, 2010) (Figura 3).





*Figura 2.* Esquema do estímulo para o teste de ordenamento de 100 matizes de Farnsworth-Munsell. (A) representa estímulo inicial do teste onde o sujeito vê uma série de círculos sequenciados com graduais mudanças de matizes e saturação constante. (B) representa os círculos misturados. (C) representa o reordenamento das peças. Devido às limitações no processo de impressão, esta figura não deve ser tomada como representando exatamente os matizes e saturação usados no teste.



*Figura 3.* Resultado da avaliação da visão de cores com o teste FM-100 computadorizado de trabalhadores expostos a solventes orgânicos em três faixas etárias: 16 a 30 anos, 31 a 45 anos e 46 a 60 anos. A linha contínua representa o limite superior de tolerância do grupo controle. A linha tracejada representa o desvio-padrão do grupo controle. A linha pontilhada representa a média do grupo controle. Os losangos pretos representam o valor de erro dos sujeitos expostos.

## A Tabela 1 resume os trabalhos discutidos acima.

Tabela 1. Estudos psicofísicos da visão de cores de sujeitos expostos de forma ocupacional a solventes orgânicos.

| Estudo                         | Tipo de Solvente   | Teste        | Conclusão   |
|--------------------------------|--|--------------|---|
| Mergler & Blain, 1987          | Acetona, metil-etil-cetona, tolueno, xileno, estireno, 2-etanoxi-etanol, 2-etanoxi-etanol-acetato  | D15D, FM-100 | Perda de visão de cores azul-amarelo e, em alguns casos, verde-vermelho em sujeitos com exposição moderada e alta. Teste D15D tem maior prevalência de alteração que o FM-100 |
| Gong <i>et al.</i> , 2003      | Cetona, metil-etil-cetona, 1,2-dicloroetano, butil-acrilato, metil-isobutil-cetona, tolueno, n-butanal-acetona, etil-benzeno, xileno, estireno e ciclohexanona | D15D         | Perda de visão de cores   |
| Schreiber <i>et al.</i> , 2002 | Tetracloroetileno  | D15D         | Perda de visão de cores   |
| Lee <i>et al.</i> , 2007       | Isopentano, hexano, heptano, octano, cicloexano, metil-ciclohexano, benzeno, tolueno, xileno, etil-benzeno, 1,1,1-tricloroetano e metil-terciário-butil-éter   | D15D         | Perda de visão de cores dependente da idade e independente de um eixo de confusão de cores específico   |
| Semple <i>et al.</i> , 2000    | Xileno, metil-etil-cetona, nafta, 2,etoxi-etanol, diclorometano e acetona  | D15D         | Deficiência na visão de cores dependente da idade   |
| Eguchi <i>et al.</i> , 1995    | Estireno   | D15D         | Perda de visão de cores azul-amarela e verde-vermelha   |
| Campagna <i>et al.</i> , 2001  | Tolueno  | D15D         | Perda de visão de cores azul-amarela e verde-vermelha   |

|   |                       |                        |   |
|---|-----------------------|------------------------|---|
| Mergler <i>et al.</i> , 1988                      | Misturas de solventes | D15D                   | Perda de visão de cores azul-amarela e verde-vermelha, sem correlação com idade   |
| Semple <i>et al.</i> , 2000                       | Misturas de solventes | D15D                   | Alteração de visão de cores é um importante fator de risco para alterações neuropsicológicas                                  |
| Dick <i>et al.</i> , 2002                         | Misturas de solventes | D15D                   | Alteração de visão de cores é um importante fator de risco para perda cognitiva   |
| Ihrig <i>et al.</i> , 2003                        | Misturas de solventes | D15D                   | Grau de perda de visão de cores sem correlação com grau de perda cognitiva  |
| Dick <i>et al.</i> , 2004                         | Misturas de solventes | D15D                   | Grau de perda de visão de cores sem correlação com grau de perda cognitiva  |
| Ihrig <i>et al.</i> , 2003                        | Misturas de solventes | D15D                   | Perda de visão de cores restrita à faixa etária de 25 a 55 anos   |
| Issever <i>et al.</i> , 2002                      | N-hexano              | FM-100                 | Deficiência na visão de cores associada à polineuropatia  |
| Paallysaho <i>et al.</i> , 2007                   | Mistura de solventes  | FM-100                 | Dano na visão de cores associada à presença de encefalopatia crônica  |
| Fallas <i>et al.</i> , 1992                       | Estireno              | FM-100                 | Sem número de erros significativamente maior que controles, mas com tendência de erros maiores nos eixos de confusão de cores |
| Lacerda <i>et al.</i> , 2008, 2010; Lacerda, 2010 | Mistura de solventes  | FM-100 computadorizado | Perda na visão de cores do tipo difusa  |

## Avaliação psicofísica da visão de contraste espacial de luminância de sujeitos expostos de forma ocupacional a solventes orgânicos

### Teste de Contraste Multivision MCT 8000 Vistech

O Teste de Contraste Multivision MCT 8000 Vistech (Vistech Consultants, Dayton, Ohio, EUA) é um teste preparado impresso em cartela por meio de técnicas controladas e avançadas de fotografia e impressão para minizar os artifícios que geralmente comprometem a qualidade da imagem impressa e maximizar a precisão das medidas de frequência espacial, orientação e contraste dos estímulos visuais usados no teste. O MCT 8000 Vistech é empregado para avaliar a visão de contraste de luminância em cinco frequências espaciais, 1,5, 3, 6, 12 e 18 ciclos por grau de ângulo visual ou cpg. A cartela contém estímulos visuais distribuídos em cinco linhas e sete colunas. Cada uma das cinco linhas apresenta sete círculos preenchidos por redes senoidais unidimensionais, nas quais a luminância varia ao longo de uma dimensão, e é constante na dimensão perpendicular a esta. O contraste de luminância em cada linha diminui do primeiro em direção ao sétimo elemento, enquanto a frequência espacial aumenta de uma linha para a seguinte, de cima para baixo. Ao longo de cada linha os estímulos também variam aleatoriamente de orientação, podendo estar orientados na vertical, inclinados à direita ou inclinados à esquerda.

Neste teste, o sujeito cuja visão está sendo avaliada é instruído a responder em que orientação a rede está sendo apresentada – inclinada para a direita, inclinada para a esquerda ou na vertical. Procedendo da esquerda para a direita em cada linha de estímulos, pede-se ao sujeito que identifique a orientação da rede senoidal apresentada em cada estímulo; o contraste do último estímulo identificado corretamente é considerado, então, como o contraste limiar para a frequência espacial que corresponde à linha de estímulos apresentada. Procede-se, em seguida, de linha para linha, aferindo-se o contraste limiar para o conjunto de frequências espaciais que compõem o teste. O resultado é uma família de cinco pontos no gráfico sensibilidade ao contraste (inverso do contraste limiar) em função da frequência espacial que representa aproximadamente a função de sensibilidade ao contraste espacial de luminância do sujeito testado.

Este teste de avaliação de visão de contraste espacial de luminância foi usado por Gong et al. (2003) em sujeitos expostos de forma crônica a uma mistura de solventes contendo cetona, metil-etil-cetona, 1,2 dicloroetano, butil-acrilato, metil-isobutil-cetona, tolueno, n-butanal-acetona, etil-benzeno, xileno, estireno e cicloexanona. Neste trabalho eles

verificaram que em todas as frequências espaciais avaliadas a sensibilidade ao contraste espacial de luminância era menor nos sujeitos expostos em comparação com os sujeitos do grupo controle; houve diferença estatística nas frequências espaciais de 6 e 12 cpg.

### Sistema de Teste de Visão de Contraste VCTS 6500 Vistech

O Sistema de Teste de Visão de Contraste VCTS 6500 (Vistech Consultants) consiste de um painel com estímulos semelhantes aos do MCT 8000, medindo 68,6 x 94,0 cm e constituída de cinco linhas e nove colunas com 45 estímulos ocupando círculos de 74 mm de diâmetro, separados por 3 mm de distância, contendo redes senoidais verticais, com inclinação de 15° para a esquerda ou de 15° para a direita, apresentados ao sujeito a ser testado com luminância média de 100 cd/m<sup>2</sup>. O contraste do estímulo diminui horizontalmente da esquerda para a direita, correspondendo às colunas numeradas de 1 a 9, e a frequência espacial aumenta de cima para baixo, correspondendo às linhas letreadas de A a E, correspondendo às frequências espaciais de 1,5, 3, 6, 12 e 18 cpg na distância de visão recomendada pelo fabricante de 3 m.

O sujeito é orientado a visualizar o estímulos sequencialmente, linha por linha (de cima para baixo), da esquerda para a direita, identificando a orientação da rede senoidal presente no estímulo e respondendo vertical, inclinada para esquerda, inclinada para a direita ou que não vê a rede. O contraste do último estímulo de cada linha cuja rede teve sua orientação identificada corretamente pelo sujeito corresponde ao contraste limiar na frequência espacial correspondente à linha e a sensibilidade ao contraste, como já mencionado, é o inverso do contraste limiar. Nas condições de iluminação recomendadas pelo fabricante, 30-60 ftL, caso o sujeito seja capaz de ver a rede de contraste mais baixo apresentado, sua sensibilidade ao contraste está entre 100-300 nas quatro frequências espaciais mais baixas apresentadas e ligeiramente abaixo de 100 para a frequência espacial mais alta testada.

Boeckelmann e Pfister (2003) utilizaram este teste no estudo da sensibilidade ao contraste de pintores expostos a misturas de solventes orgânicos que continham acetona, 2-butoxi-etil-acetato, n-butil-acetato, 2-etoxietanol, etil-acetato, etil-benzeno, isopropil-benzeno, 1-metoxi-2-propanol, etil-acetato, etil-benzeno, isopropil-benzeno, 1-metoxi-2-propanol, tolueno e xileno. Os pintores apresentaram sensibilidade ao contraste significativamente menor que o controle em todas as frequências espaciais. A perda em sensibilidade ao contraste estava associada com acuidade visual significativamente afetada.

## Teste de Contraste e Acuidade Funcional FACT 101

O Teste de Contraste e Acuidade Funcional FACT 101 é um teste de sensibilidade ao contraste espacial de luminância medido pela habilidade de distinguir diferenças sutis nos tons de cinza (a sensibilidade ao contraste de luminância é uma medida da habilidade de distinguir diferenças nos tons de cinza apresentados lado a lado ou sequencialmente – sensibilidade ao contraste espacial e temporal, respectivamente). Os estímulos utilizados nesse teste e a maneira como o teste é conduzido, é semelhante ao descrito anteriormente para o VCTS 6500 Vistech.

Esse procedimento de avaliação da sensibilidade ao contraste de luminância foi usado por Schreiber et al. (2002), que estudaram moradores de apartamentos com lavanderia e funcionários de lavanderia expostos a tetracloroetileno, também conhecido como tetracloroetano ou percloroetileno. Esses sujeitos expostos, tanto os residentes quanto os trabalhadores, apresentaram sensibilidade ao contraste diminuída em relação ao grupo controle para todas as frequências espaciais. Essas perdas, tal como no estudo por Boeckelmann e Pfister (2003), são acompanhadas de baixa acuidade visual.

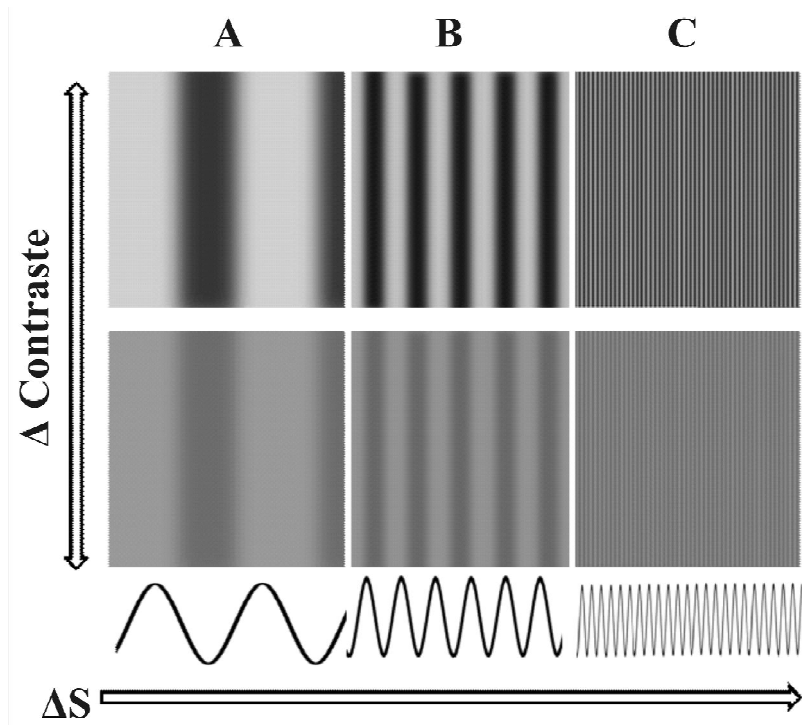
### Determinação da sensibilidade ao contraste espacial de luminância por teste computadorizado

Nos Laboratórios de Neurofisiologia Eduardo Oswaldo Cruz (Instituto de Ciências Biológicas) e de Neurologia Tropical (Núcleo de Medicina Tropical) da UFPA foi desenvolvido um teste computadorizado de avaliação da sensibilidade ao contraste espacial de luminância no qual são encontrados os valores de contraste limiar e sensibilidade ao contraste para 11 frequências espaciais (Botelho de Souza, 1995; Rodrigues et al., 2007; Silveira et al., 2003).

O teste é constituído por um programa escrito em linguagem C++, o qual gera em uma tela de raios catódicos estímulos compostos por redes estacionárias isocromáticas (CIE 1976, branco:  $u' = 0,182$ ;  $v' = 0,474$ ) cuja luminância varia senoidalmente segundo a direção horizontal, sendo constante segundo a direção vertical. A luminância média do estímulo permanece no valor de  $43,5 \text{ cd/m}^2$  durante toda a realização do teste, independentemente das mudanças de frequência espacial e contraste. São utilizadas 11 frequências espaciais: 0,2, 0,5, 0,8, 1, 2, 4, 6, 10, 15, 20 e 30 cpg. O padrão é exibido numa janela retangular medindo  $6,5^\circ$  por  $5^\circ$  de ângulo visual à distância de 3 m em que é apresentado (Figura 4) (Rodrigues, 2003).

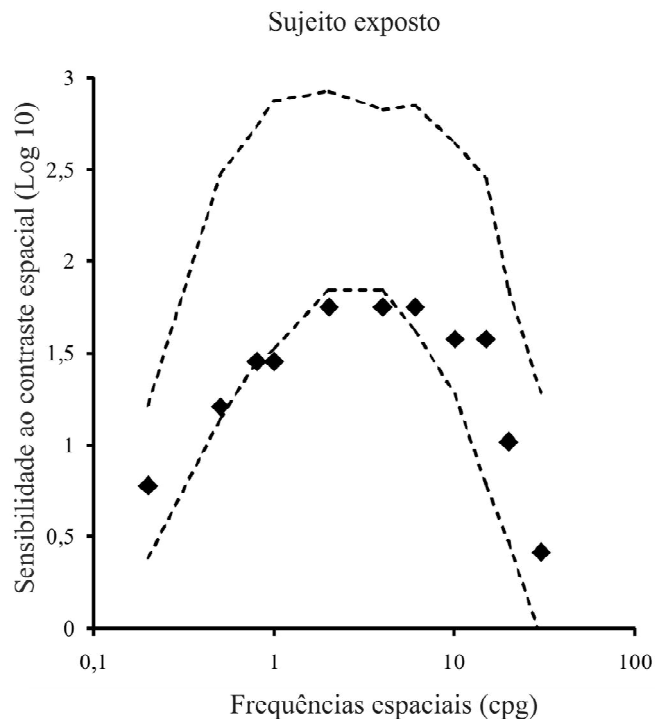
Com este teste, foram avaliados frentistas de postos de distribuição de combustíveis expostos de forma crônica a mistura de solventes orgânicos, observando-se diminuição da sensibilidade ao contraste em pelo

menos uma das frequências espaciais testadas em 52% dos testes. Não foi observada uma alteração concomitante consistente da acuidade visual (Lacerda et al., 2008, 2010; Lacerda, 2010) (Figura 5).



*Figura 4.* Esquema do estímulo do teste de determinação da função de sensibilidade ao contraste espacial de luminância. Em A, B e C temos diferentes representações de frequências espaciais de grades acromáticas onde o estímulo muda senoidalmente entre claro e escuro. (A) representa menor frequência espacial. (B) representa frequência espacial média. (C) representa maior frequência espacial. Os quadrados superiores mostram o estímulo com alto contraste e os quadrados inferiores mostram o mesmo estímulo com contraste menor.





*Figura 5.* Resultado da avaliação da sensibilidade ao contraste espacial de luminância de um trabalhador exposto a mistura de solventes orgânicos. A linha tracejada representa o intervalo de tolerância do grupo controle. Os losangos pretos representam o valor de sensibilidade ao contraste espacial de luminância do sujeito exposto.

## A Tabela 2 resume os trabalhos discutidos acima.

Tabela 2. Estudos psicofísicos da visão de contrastes de luminância de sujeitos expostos de forma ocupacional a misturas de solventes orgânicos.

| Estudo  | Tipo de Solvente   | Teste                                      | Conclusão  |
|---|--|--|--|
| Gong <i>et al.</i> , 2003                         | Cetona, metil-etil-cetona, 1,2 dicloroetano, butil-acrilato, metil-isobutil-cetona, tolueno, n-butanal-acetona, etil-benzeno, xileno, estireno e ciclohexanona   | MCT 8000 Vistech                           | Diminuição da sensibilidade em todas as frequências espaciais; diferença estatística somente para 6 e 12 cpq.          |
| Boeckelmann & Pfister, 2003                       | Acetona, 2-butoxi-etil-acetato, n-butil-acetato, 2-etoxietanol, etil-acetato, etil-benzeno, isopropil-benzeno, 1-metoxi-2-propanol, etil-acetato, etil-benzeno, isopropil-benzeno, 1-metoxi-2-propanol, tolueno e xileno | VCTS 6500 Vistech                          | Perda de sensibilidade ao contraste em todas as frequências espaciais associada à acuidade visual diminuída            |
| Schreiber <i>et al.</i> , 2002                    | Tetracloroetileno  | FACT 101                                   | Perda de sensibilidade ao contraste em todas as frequências espaciais associada à acuidade visual diminuída            |
| Lacerda <i>et al.</i> , 2008, 2010; Lacerda, 2010 | Mistura de solventes   | Teste computadorizado desenvolvido na UFPA | Diminuição da sensibilidade ao contraste em pelo menos uma das frequências espaciais, sem alteração da acuidade visual |

## Correlação entre resultados de avaliação psicofísica visual de sujeitos expostos de forma ocupacional a solventes orgânicos e níveis de marcadores biológicos e ambientais

O monitoramento dos efeitos da exposição a solventes orgânicos sobre o sistema visual é muito importante devido a se poder usar esse conhecimento para prevenir ou minimizar os prejuízos decorrentes da interação dessas substâncias com o organismo e, além disso, para subsidiar a criação de normas ambientais que tenham uma aplicação mais ampla na saúde de trabalhadores e da população em geral (Amorim, 2003).

Assim, é importante correlacionar os níveis de diferentes marcadores e os resultados quantitativos obtidos através de métodos psicofísicos de avaliação visual, obter informações sobre a dose-tempo de exposição-resposta para cada tipo de exposição e o grau de intoxicação dos indivíduos examinados, tendo em vista que alterações da percepção visual têm sido apontadas como sinais precoces de neurotoxicidade (Rosen, 1965; Baelum et al., 1982; Horan et al. 1985, Mutray et al., 1995; Ihrig et al., 2003; Dick et al., 2004; Paalysaho et al., 2007).

Uma forma de quantificar a exposição a solventes orgânicos é relacionar o tempo de trabalho e a atividade diária dos sujeitos expostos e a meia-vida das substâncias às quais os sujeitos são expostos. A visão de cores de pintores expostos a mistura de solventes em que estavam incluídos xileno, metil-etil-cetona, nafta, 2,etoxi-etanol, diclorometano e acetona foi avaliada com o D15D e os resultados correlacionados com dois métodos de medidas de exposição muito usados, o índice de exposição recente indicando exposição nos últimos 12 meses para cada sujeito testado e o índice de exposição crônica que é uma medida da exposição cumulativa durante todo o tempo de trabalho do indivíduo, observando-se correlação positiva entre a extensão de comprometimento visual e o grau de exposição (Semple et al., 2000).

Em estudo da visão de cores de pintores expostos somente ao tolueno utilizou-se como marcador ambiental o nível deste solvente orgânico em amostra de ar do ambiente de trabalho obtido por cromatografia com detecção por chama ionizante e como marcadores biológicos os índices de exposição cumulativos para tolueno e hidrocarbonetos totais, que considera a dosagem dessas substâncias no ar do ambiente do trabalho ao longo do tempo de trabalho e de acordo com a composição química empregada ao longo desse período. Estes dados foram comparados com os resultados obtidos com o D15D e observou-se correlação significativa entre o comprometimento da visão de cores e os níveis de tolueno no ar (marcador ambiental) e os índices de exposição cumulativa para tolueno e hidrocarbonetos totais (marcadores biológicos) (Campagna et al., 2001).

Em trabalhadores de uma fábrica de destilação petroquímica expostos a misturas de solventes contendo isopentano, hexano, heptano, octano, ciclohexano, metil-ciclohexano, benzeno, tolueno, xileno, etil-benzeno, 1,1,1-tricloroetano e metil-terciário-butil-éter e cuja visão de cores foi testada com D15D, observou-se comprometimento visual que estava correlacionado com os níveis de exposição e com o tempo de trabalho, além de uma relação comprometimento visual *versus* exposição mais alta para o olho esquerdo (Lee et al., 2007).

Já em pintores expostos a misturas de solventes orgânicos que continham acetona, 2-butoxi-etil-acetato, n-butil-acetato, 2-etoxietanol, etil-acetato, etil-benzeno, isopropil-benzeno, 1-metoxi-2-propanol, etil-

acetato, etil-benzeno, isopropil-benzeno, 1, metoxi-2, propanol, tolueno e xileno foi utilizado como marcador de exposição o tempo de exposição em anos a solventes orgânicos e esse tempo comparado com a sensibilidade ao contraste espacial de luminância obtida com o VCTS 6500 Vistech, observando-se fraca correlação (Boeckelmann & Pfister, 2003). Além disso, em trabalho semelhante avaliando pintores expostos a mistura de solventes orgânicos não especificados não foi encontrada associação significativa entre esses dois parâmetros (Ihrig et al., 2003).

Como é observado, no entanto, as concentrações de solventes orgânicos ou metabólitos no organismo exposto não necessariamente estão relacionadas ao tempo de exposição. Sabe-se, por exemplo, da existência de genes que codificam enzimas responsáveis pelo metabolismo dos solventes orgânicos e que o polimorfismo modifica a absorção e o risco de efeitos neurotóxicos entre os indivíduos (Söderkvist, Ahamadi, A., & Akerback, 1996). Fatores de suscetibilidade incluindo idade e diferenças entre indivíduos no padrão de absorção de solventes orgânicos estão envolvidos no metabolismo e nos processos compensatórios, explicando também a diferença de resultados entre sujeitos expostos a misturas de solventes orgânicos (Schreiber et al., 2002). Dessa forma, é importante partir para marcadores que façam medidas diretas das concentrações de solventes orgânicos ou de seus metabólitos no organismo.

Foram estudados sujeitos expostos de forma crônica a mistura de solventes contendo cetona, metil-etil-cetona, 1,2,dicloroetano, butil-acrilato, metil-isobutil-cetona, tolueno, n-butanal-acetona, etil-benzeno, xileno, estireno e ciclohexanona, realizando-se dosagens de ácido mandélico, ácido hipúrico e ácido metil-hipúrico na urina (metabólitos de estireno, tolueno e xileno) e cromatografia gasosa de amostras de urina (xileno). Os resultados foram correlacionados com os resultados quantitativos da avaliação da visão de cores com o D15D e da visão de contraste com o MCT 8000 Vistech. A concentração de ácido metilipúrico na urina apresentou correlação positiva com a sensibilidade ao contraste para as frequências espaciais em que os sujeitos apresentaram as maiores perdas de sensibilidade ao contraste (6 e 12 cp/g) (Gong et al., 2003). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Campagna et al. (1995).

Outro estudo que procurou correlacionar perdas visuais com concentrações de marcadores urinários foi realizado com moradores de apartamentos com lavanderia e funcionários de lavanderia expostos a tetracloroetileno (tetracloroetano ou percloroetileno). A visão de cores e a visão de contraste desses sujeitos foram avaliadas com o D15D e com o FACT, respectivamente. O marcador ambiental foi a medida da concentração de tetracloroetileno e dióxido de carbono no ar através de cromatografia gasosa com captura de elétrons e os marcadores bio-

lógicos foram as concentrações de tetracloroetileno, ácido tricloroacético, tetracloroetanol em amostras de urina através de cromatografia gasosa/espectrometria de massa, tetracloroetileno no sangue e leite materno através de cromatografia gasosa/espectrometria de massa e tetracloroetileno e dióxido de carbono no ar expirado através de cromatografia gasosa com captura de elétrons, sendo que na urina de 4 trabalhadores também foram dosados outros metabólitos de tetracloroetileno, a creatinina, o ácido mecaptúrico e o N-acetil-S-(1,2,2-triclorovinil)-L-cisteína através de cromatografia gasosa/espectrometria de massa. Foram observadas correlações positivas, dose-dependentes entre as alterações visuais e os marcadores ambiental e biológicos (Schreiber et al., 2002).

Noutro estudo também foi observada correlação positiva entre as perdas de visão de cores de trabalhadores expostos a estireno, quantificadas com o D15D, o marcador ambiental tomado como a concentração de estireno na atmosfera e o marcador biológico considerado como a concentração de ácido mandélico na urina (Eguchi et al., 1995).

### A interferência do consumo de bebidas alcoólicas e do tabaco por sujeitos expostos de forma ocupacional a solventes orgânicos nos resultados de testes psicofísicos visuais

No estudo de sujeitos expostos de forma crônica a uma mistura de solventes contendo cetona, metil-etil-cetona, 1,2-dicloroetano, butil-acrilato, metil-isobutil-cetona, tolueno, n-butanal-acetona, etil-benzeno, xileno, estireno e ciclohexanona e avaliados pelo teste de visão de cores D15D e de visão de contraste MCT8000, verificou-se que o tabagismo afeta a sensibilidade ao contraste visual (Gong et al., 2003). Resultado semelhante foi encontrado por Eguchi et al. (1995). Não foram encontradas interferência do tabagismo na avaliação da visão de cores feita com D15D e do consumo de bebidas alcoólicas na visão de cores feita com o D15D e visão de contraste aferida com o MCT 8000 (Gong et al., 2003). Além disso, em trabalhadores de uma fábrica de destilação petroquímica expostos a misturas de solventes contendo isopentano, hexano, heptano, octano, ciclohexano, metil-ciclohexano, benzeno, tolueno, xileno, etil-benzeno, 1,1,1-tricloroetano e metil-terciário-butil-éter, em pintores expostos a tolueno e em trabalhadores expostos a estireno avaliados pelo teste de visão de cores D15D o consumo de bebida alcoólica e o tabagismo não apresentaram efeitos nos resultados da avaliação visual (Campagna et al., 2001; Lee et al., 2007; Eguchi et al., 1995).

## **Visual assessment by psychophysical methods of people subjected to occupational exposure to organic solvents**

**Abstract:** Organic solvents are neurotoxic substances that can cause damaging effects in the visual system. Occupational exposure to these substances is common because they are used in a wide variety of activities. These effects can be quantified by specific psychophysical tests. The most commonly used tests for color vision assessment are arrangement tests, such as the Lanthony Panel D-15 desaturated test and the Farnsworth-Munsell 100-hue test, and for contrast sensitivity assessment, printed panel tests such as the MCT 8000 VISTECH, VCTS 6500VISTECH, and FACT 101 tests. Generally, these tests show color discrimination losses in the blue-yellow and red-green axis, and a decrease in contrast sensitivity, mainly at low spatial frequencies. There is a positive correlation between psychophysical results and biological environmental markers, but this correlation depends on the marker and on the kind of solvent to which the individuals are exposed. Factors such as alcohol and tobacco can interfere with the correlation of the results.

**Keywords:** Organic solvents. Occupational exposure. Visual psychophysics. Color vision. Contrast sensitivity.

## **Evaluation visuelle par des méthodes psychophysiques de personnes soumises à une exposition professionnelle aux solvants organiques**

**Résumé:** Les solvants organiques sont des substances neurotoxiques que peuvent causer des effets préjudiciables dans le système visuel. L'exposition professionnelle de ces types de substances est commune parce qu'ils sont utilisés dans une grande variété d'activités. Ces effets peuvent être quantifiés par des tests spécifiques de psychophysique. Les tests les plus utilisés dans cette évaluation sont, pour la vision des couleurs, le Lanthony Panel D-15 désaturé et le test Farnsworth-Munsell 100-Hue, et pour l'évaluation de la sensibilité au contraste, le MCT 8000 Vistech, le VCTS 6500 Vistech et le FACT 101. Généralement, ces tests révèlent une réduction de discrimination des couleurs, des effets dans les axes bleu-jaune et rouge-vert, et une diminution de sensibilité au contraste, spécialement dans les basses fréquences spatiales. Il y a une corrélation positive entre les résultats psychophysiques et les marqueurs biologiques environnementaux, mais cette corrélation dépend du marqueur et du type de solvant auquel le sujet a été exposé. Des facteurs tels que l'alcool et le tabac peut nuire à la corrélation des résultats.

**Mots-clés:** Solvants organiques. L'exposition Occupacional. Psychophysique Visual. Vision des couleurs. Sensibilité au contraste.

## **Evaluación visual mediante métodos psicofísicos de las personas sometidas a exposición laboral a solventes orgánicos**

**Resumen:** Los solventes orgánicos son sustancias neurotóxicas que pueden causar efectos dañinos en el sistema visual. La exposición ocupacional a estas sustancias es común, ya que se utilizan en una amplia variedad de actividades. Estos efectos pueden ser cuantificados por las pruebas psicofísicas específicas. Las pruebas más utilizadas para la evaluación de la visión del color son las pruebas de acuerdo, tales como el Panel de Lanthony D-15 desaturado de prueba y la prueba de Farnsworth-Munsell 100-hue, y para evaluar la sensibilidad al contraste, pruebas impresas panel como el MCT 8000 VISTECH, VCTS 6500VISTECH, y el hecho 101 pruebas. En general, estas pruebas demuestran que las pérdidas de color la discriminación en el eje azul-amarillo y rojo-verde, y una disminución de la sensibilidad al contraste, sobre todo a bajas frecuencias espaciales. Hay una correlación positiva entre los resultados de estudios biológicos y psicofísicos marcadores del medio ambiente, pero esta relación depende de la marca y del tipo de disolvente para que los individuos estén expuestos. Factores tales como el alcohol y el tabaco pueden interferir con la correlación de los resultados.

**Palabras clave:** Disolventes orgánicos. Exposición Ocupacional. Psicofísica Visual. Visión del color. Sensibilidad al contraste.

## **Referências**

- Ahmadi, A., Jonsson, P., & Flodin, U. (2002). Interaction between smoking and glutathione S-transferase polymorphisms in solvent-induced chronic toxic encephalopathy. *Toxicology and Industrial Health*, 18, 289-296.
- Amaducci, L., Arfaioli, C., Inzitari, D., & Marchi, M. (1982). Multiple sclerosis among shoe and leather workers: An epidemiological survey in florence. *Acta Neurologica Scandinavica*, 65, 94-103.
- Amorim, L. C. A. (2003). Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 6, 1-13.
- Baelum, J., Andersen, I., & Molhave, L. (1982). Acute and subacute symptoms among workers in the printing industry. *British Journal of Industrial Medicine*, 39, 70-75.

- Baker, E. L. (1994). Review of recent research on health effects of occupational exposure to organic solvents. *Journal of Occupational Medicine*, 36, 1079-1092.
- Birch J. (2001). *Diagnosis of defective colour vision* (2nd ed.). Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
- Boeckelmann, I., & Pfister, E. A. (2003). Influence of occupational exposure to organic solvent mixtures on contrast sensitivity in printers. *Journal of Occupational Environmental Medicine*, 45, 25-33.
- Botelho de Souza, C. R. (1995). *Sistema de avaliação visual: análise orientada a objetos utilizando a metodologia OMT*. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciência da Computação, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará Belém, PA.
- Bowman, K. J. (1982). A method for quantitative scoring method the Farnsworth Panel D-15. *Acta Ophthalmologica*, 60, 907-916.
- Braga, A. M. (1996). *Aplicação combinada dos métodos de Booch e OOSE na modelagem de um Software para avaliação psicofísica da capacidade de discriminação de cores*. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciência da Computação, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.
- Campagna, D., Mergler, D., Huel, G., Belanger, S., Truchon, G., & Ostiguy, C. (1995). Visual dysfunction among styrene-exposed workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 21, 382-390.
- Campagna, D., Stengel, B., Mergler, D., Limasset, J. C., Diebold, F., Michard, D. et al. (2001). Color vision and occupational toluene exposure. *Neurotoxicology and Teratology*, 23, 473-480.
- Chancellor, A. M., Slattery, J. M., Fraser, H., & Warlow, C. P. (1993). Risk factors for motor neuron disease: A case-control study based on patients from the Scottish Motor Neuron Disease Register. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 56, 1200-1206.
- Dick, F., Semple, S., Osborne, A., Soutar, A., Seaton, A., Cherrie, J. W. et al. (2002). Organic solvent exposure, genes, and risk of neuropsychological impairment. *Quarterly Journal of Medicine*, 95, 379-387.
- Dick, F., Semple, S., Soutar, A., Osborne, A., Cherrie, J. W., & Seaton, A. (2004). Is colour vision impairment associated with cognitive impairment in solvent exposed workers? *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 61, 76-78.



- Eguchi, T., Kishi, R., Harabuchi, I., Yuasa, J., Arata, Y., Katakura, Y. et al. (1995). Impaired colour discrimination among workers exposed to styrene: Relevance of a urinary Metabolite. *Occupational and Environmental Medicine*, 52, 534-538.
- Fallas, C., Fallas, J., Maslard, P., & Dally, S. (1992). Subclinical impairment of colour vision among workers exposed to styrene. *British Journal of Industrial Medicine*, 49, 679-682.
- Farnsworth, D. (1943). The farnsworth-munsell 100-Hue and dichotomous tests for color vision. *Journal of the Optical Society of America*, 33, 568-578.
- Farnsworth, D. (1957). *The farnsworth-munsell 100-Hue test for the examination of Color Discrimination (Manual)*. Baltimore: Kollmorgen.
- Flodin, U., Söderfeldt, B., Noolind-Brage, H., Fredriksson, M., & Axelson, O. (1988). Multiple sclerosis, solvents and pets. A case referent stud. *Archives of Neurology*, 45, 620-623.
- Geller, A. M., & Hudnell, H. K. (1997). Critical issues in the use and analysis of the Lanthony Desaturated Color Vision test. *Neurotoxicology and Teratology*, 19, 455-465.
- Gong, Y., Kishi, R., Kasai, S., Katakura, Y., Fujiwara, K., Umemura, T. et al. (2003). Visual dysfunction in workers exposed to a mixture of organic solvents. *NeuroToxicology*, 24, 703-710.
- Graham, A. J., Macdonald, A. M., & Hawkes, C. H. (1997). British motor neuron disease twin study. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 62, 562-569.
- Gregersen, P., Angelso, B., Nielsen, T. E., Norgaard, B., & Uldal, C. (1984). Neurotoxic effects of organic solvents in exposed workers: An occupational, neuropsychological and neurological investigation. *American Journal of Industrial Medicine*, 5, 201-205.
- Gregersen, P., Klausen, H., & Elsnab, U. C. (1987). Chronic toxic encephalopathy in solvent-exposed painters in Denmark 1976-1980: Clinical cases and social consequences after a 5 year follow up. *American Journal of Industrial Medicine*, 11, 399-417.
- Gunnarsson, L. G., Bodin, L., Söderfeldt, B., & Axelson, O. (1992). A case-control study of neurone motor disease: Its relation to heritability, and occupational exposures, particularly to solvents. *British Journal of Industrial Medicine*, 49, 791-798.

- Hänninen, H., Eskelinen, L., Husman, K., & Nurminen, M. (1976). Behavioral effects of long term exposure to a mixture of organic solvents. *Scandinavian Journal of Work, Environmental & Health*, 4, 240-255.
- Herpin, G., Gargouri, I., Gauchard, G. C., Nisse, C., Khadhraoui, M., Elleuch, B., et al. (2009). Effect of chronic and subchronic organic solvents exposure on balance control of workers in plant manufacturing adhesive materials. *Neurotoxicity Research*, 15, 179-186.
- Horan, J. M., Kurt, T. L., Landrigan, P. J., Melius, J. M., & Singal, M. (1985). Neurologic dysfunction from exposure to 2-t-butylazo-2-hydroxy-5-methylhexane (BMMH): A new occupational neuropathy. *American Journal of Public Health*, 75, 513-517.
- Ihrig, A., Nasterlack, M., Dietz, M. C., Hoffmann, J., & Triebig, G. (2003). Pilot study on prevalence of color vision dysfunction in long-term solvent-exposed painters. *Industrial Health*, 41, 39-42.
- Iregren, A., Anderson, M., & Nylen, P. (2002). Color vision and occupational chemical exposures: II Visual functions in non-exposed subjects. *NeuroToxicology*, 23, 35-45.
- Isserver, H., Malat, G., Sabuncu, H. H., & Yuksel, N. (2002). Impairment of colour vision in patients with n-hexane exposure-dependent toxic polyneuropathy. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 52, 183-186.
- Lacerda, E. M. C. B. (2010). *Avaliação psicofísica visual cromática e acromática de sujeitos expostos de forma crônica ocupacional à mistura de solventes orgânicos*. Dissertação de Mestre em Ciências, Programa de Pós-graduação em Neurociências e Biologia Celular, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.
- Lacerda, E. M. C. B., Lima, M. G., Souza, G. S., Rodrigues, A. R., Teixeira, C. E. C., Ventura, D. F. et al. (2008). Avaliação psicofísica de pessoas expostas de modo crônico ocupacional a solventes orgânicos: sensibilidade ao contraste espacial e temporal de luminância, discriminação de cores e perimetria estática de humphrey. *Anais do I Congresso IBRO / LARC de Neurociências da América Latina, Caribe e Península Ibérica*. Búzios, Rio de Janeiro.
- Lacerda, E. M. C. B., Souza, G. S., Rodrigues, A. R., & Silveira, L. C. L. (2009). Neurotoxicidade dos solventes orgânicos. *Neurociências*, 5, 165-173.
- Lacerda, E. M. C. B., Lima, M. G., Souza, G. S., Rodrigues, A. R., Teixeira, C. E. C. Barata, L. J. et al. (2010). Chromatic and achromatic psychophysical evaluations from chronically exposed workers to mixture of mixture of organic solvents. The

Association for Research in Vision and Ophthalmology (ARVO). Annual Meeting Abstract Search and Program Planner, Fort Lauderdale, Florida. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 51, E-Abstract 6303/D975.

- Lee, E.-H., Eum, K. D., Cho, S.-I., Cheong, H.-K., & Paek, D. M. (2007). Acquired dyschromatopsia among petrochemical industry workers exposed to benzene. *NeuroToxicology*, 28, 356-363.
- Lee, S.H., & Lee, S.H. (1993). A study on the neurobehavioral effects of occupational exposure to organic solvents in Korean workers. *Environmental Research*, 60, 227-232.
- Lemasters, G. K., Livingston, G. K., Lockey, J. E., Olsen, D. M., Shukla, R., New, G. et al. (1997). Genotoxic changes after low-level solvent and fuel exposure on aircraft maintenance personnel. *Mutagenesis*, 12, 237-243.
- Linz, D. H., De Garmo, P. L., Morton, W. E., Wiens, A. N., Coull, B. M., & Maricle, R. A. (1986). Organic solvent induced encephalopathy in industrial painters. *Journal of Occupational Medicine*, 28, 119-125.
- Mergler, D., & Blain, L., (1987). Assessing color vision loss among solvent-exposed workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 12, 195-203.
- Mergler, D., Belanger, S., De Grosbois, S., & Vachon, N. (1988). Chromal focus of acquired chromatic discrimination loss and solvent exposure among printshop workers. *Toxicology*, 49, 341-348.
- Mergler, D., Bowler, R., & Cone, J. (1990). Colour vision loss among disabled workers with neuropsychological impairment. *Neurotoxicology & Teratology*, 12, 669-672.
- Mikkelsen, S. (1980). A cohort study of disability pension and death among painters with special regard to disabling presenile dementia as an occupational disease. *Scandinavian Journal of the Society Medical*, 16, 34-43.
- Morrow, L. A., Ryan, C. M., Goldstein, G., & Hodgson, M. J. (1989). A distinct pattern of personality disturbance following exposure to mixtures of organic solvents. *Journal of Occupational Medicine*, 31, 743-746.
- Muttray, A., Wolters, V., Mayer-Popken, O., Schicketanz, K. H., & Knietzko, J. (1995). Effect of subacute occupational exposure to toluene on color vision. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 8, 339-345.
- National Occupational Health and Safety Commission. (1990). *Industrial organic solvents*. Australia: Alken Press Pty.

- Olsen, J., & Sabroe, S. (1980). A case-reference study of neuropsychiatric disorders among workers exposed to solvents in the danish wood and furniture industry. *Scandinavian Journal of the Society Medical*, 16, 44-49.
- Occupational Safety and Health Information Series. (1998). *Chronic organic solvent neurotoxicity. Diagnostic criteria*. New Zealand: Author.
- Päällysaho, J., Näsänen, R., Mäntyjärvi, M., Kaukiainen, A., & Sainio, M. (2007). Colour vision defects in occupational chronic solvent encephalopathy. *Human & Experimental Toxicology*, 26, 375-383.
- Pfister, E., Böckelmann, I., Darius, S., & Wurthmann, C. (1999). Einbeziehung psychopathologischer verfahren zur objektivierung von neurotoxischen früheffekten durch blei und lösemittelgemische. *Fortschritte der neurologie-psychiatrie*, 67, 435-440.
- Rodrigues, A. R. (2003). *O desenvolvimento de aplicativos de avaliação psicofísica visual em estações de trabalho IBM RISC 6000*. Dissertação de Mestrado em Ciências, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.
- Rodrigues, A. R., Souza, C. R. B., Braga, A. M., Rodrigues, P. S. S., Silveira, A. T., Damin, E. T. B. et al. (2007). Mercury toxicity in the Amazon: Contrast sensitivity and color discrimination of subjects exposed to mercury. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 40, 415-424.
- Rosen, J. A. (1965). Pseudoisochromatic visual testing in the diagnosis of disseminated sclerosis. *Transactions of the American Neurological Association*, 90, 283-284.
- Rosenberg, N. (1989). Nervous system effects of toluene and other organic solvents. *Western Journal of Medicine*, 5, 571-572.
- Schreiber, J. S., Hudnell, H. K., Geller, A. M., House, D. E., Aldous, K. M., Force, M. S. et al. (2002). Apartment residents' and day care workers' exposures to tetrachloroethylene and deficits in visual contrast sensitivity. *Environmental Health Perspective*, 110, 655-664.
- Schulte, P. A., Burnett, C. A., Boeniger, M. F., & Johnson, J. (1996). Neuro degenerative diseases: Occupational occurrence and potencial risk factors 1982 through 1991. *American Journal of Public Health*, 86, 1281-1288.
- Semple, S., Dick, F., Osborne, A., Cherry, J. W., Souttar, A., Seaton, A. et al. (2000). Impairment of colour vision in workers exposed to organic solvents. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 57, 582-587.

- Silveira, L. C. L., Damin, E. T. B., Pinheiro, M. C. N., Rodrigues, A. R., Moura, A. L. A., Côrtes, M. I. T. et al. (2003). Visual dysfunction following mercury exposure by breathing mercury vapour or by eating mercury-contaminated food. In J. D. Mollon, J. Pokorny & K. Knoblauch (Eds.), *Normal and defective colour vision* (pp. 407-417). Oxford, England: Oxford University Press.
- Smargiassi, A., Mutt, A., De Rosa, A., De Palma, G., Negrotti, A., & Calzetti, S. (1999). A case-control study of occupational and environmental risk factors for Parkinson's disease in the Emilia-Romagna region of Italy. *Neurotoxicology*, 19, 709-712.
- Söderkvist, P., Ahamadi, A., & Akerback, A. (1996). Glutathione S-transferase M1 null genotype as a risk modifier for solvent-induced chronic toxic encephalopathy. *Work, Environment & Health*, 22, 360-363.
- Verriest, G. (1963). Further studies on acquired deficiency of colour discrimination. *Journal of the Optical Society of America*, 53, 185-95.
- Viaene, M., Vermeir, G., & Godderis, L. (2009). Sleep disturbances and occupational exposure to solvents. *Sleep Medicine Reviews*, 13, 235-243.

**Eliza Maria da Costa Brito Lacerda**, Discente do Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Biologia Celular, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará. Endereço para correspondência: Av. Generalíssimo Deodoro, 92, Umarizal. CEP: 66055-240, Belém, Pará. Endereço eletrônico: eliza\_lacerda@yahoo.com.br.

**Dora Fix Ventura**, Docente do Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo. Endereço para correspondência: Av. Professor Mello Moraes, 1721, Cidade Universitária. CEP: 00508-030, São Paulo, SP. Endereço eletrônico: dventura@usp.br

**Luiz Carlos de Lima Silveira**, Docente do Núcleo de Medicina Tropical e do Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará. Endereço para correspondência: Av. Generalíssimo Deodoro, 92, Umarizal. CEP: 66055-240, Belém, Pará. Endereço eletrônico: luiz@ufpa.br

Recebido: 21/10/2010

Aceito: 06/12/2010