

**LIANA CHAVES MENDES DOS SANTOS**

**PERCEPÇÃO VISUAL DE CONTRASTE EM  
ADULTOS SURDOS**

**RECIFE**

**2012**

LIANA CHAVES MENDES DOS SANTOS

PERCEPÇÃO VISUAL DE CONTRASTE EM  
ADULTOS SURDOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Doutor em Neurociências.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Lúcia de Bustamante Simas

Recife  
2012

Santos, Liana Chaves Mendes dos  
Percepção visual de contraste em adultos surdos  
/ Liana Chaves Mendes dos Santos. – Recife: O  
Autor, 2012.  
131 folhas: il., fig.; 30 cm

Orientador: Maria Lúcia de Bustamante Simas

Tese (doutorado) – Universidade Federal de  
Pernambuco. CCS. Neuropsiquiatria e Ciências do  
Comportamento, 2012.

Inclui bibliografia, apêndices e anexos.

1. Neurociências. 2. Percepção visual. 3. Surdez.  
4. Síndrome da Rubéola Congênita. 5. Psicofísica. I.  
Simas, Maria Lúcia de Bustamante. II.Título.

616.8

CDD (22.ed.) CCS2012-038

UFPE

**RELATÓRIO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DA  
DOUTORANDA LIANA CHAVES MENDES DOS SANTOS**

No dia 27 de fevereiro de 2012, às 9h, no Auditório do 2º andar do Programa de Pós Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, os Professores: Maria Lúcia Gurgel da Costa, Doutora Professora do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco; Nelson Torro Alves, Doutor Professor do Departamento de Psicologia da Universidade Federal da Paraíba/UFPB; Natanael Antônio dos Santos, Doutor Professor do Departamento de Psicologia da Universidade Federal da Paraíba/UFPB; Otávio Gomes Lins, Doutor Professor do Departamento de Neuropsiquiatria da Universidade Federal de Pernambuco e Maria Lúcia de Bustamante Simas, Doutora Professora do Departamento de Psicologia da Universidade Federal de Pernambuco, componentes da Banca Examinadora, em sessão pública, argüiram a Doutoranda, LIANA CHAVES MENDES DOS SANTOS sobre a sua Tese intitulada “**PERCEPÇÃO VISUAL DE CONTRASTE EM ADULTOS SURDOS**” orientada pela professora Drª. Maria Lúcia de Bustamante Simas. Ao final da argüição de cada membro da Banca Examinadora e resposta da Doutoranda, as seguintes menções foram publicamente fornecidas:

Profª. Drª. Maria Lúcia Gurgel da Costa

APROVADA  
APROVADA

Prof. Dr. Nelson Torro Alves

APROVADO

Prof.Dr. Natanael Antônio dos Santos

APROVADO

Prof. Dr. Otávio Gomes Lins

APROVADA

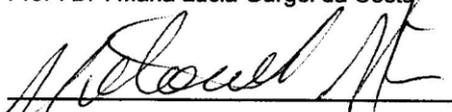
Profª. Drª. Maria Lúcia de Bustamante Simas



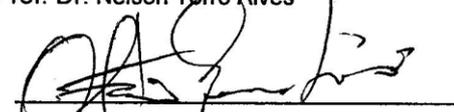
Profª. Drª. Maria Lúcia Gurgel da Costa



Prof. Dr. Nelson Torro Alves



Prof. Dr. Natanael Antônio dos Santos



Prof. Dr. Otávio Gomes Lins



Profª. Drª. Maria Lúcia de Bustamante Simas  
Presidente da Banca

Dedico esta tese aos meus pais, José Francisco e Mércia Mendes, e à minha amiga Rafaely Dantas de Castro (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Ao único e eterno Deus por tanto amor e fidelidade, por sempre demonstrar que o Senhor está comigo em todos os momentos e por atender as minhas orações. “Toda glória, toda vitória, eu sei pertence a Ti. Toda honra, todo louvor entrego a Ti. Porque sem Ti, eu não estaria aqui”<sup>‡</sup>.

Ao meu marido, Francisco Júnior, por sempre estar ao meu lado e cuidar tanto de mim. Por me dar força em todos os momentos que desanimei. Por cada vez que o volume foi diminuído ou que o som foi desligado (considerando a sua paixão pela guitarra e pela música).

Aos meus pais, José Francisco e Mércia Mendes, verdadeiros presentes de Deus na minha vida, por me amarem tanto e sempre acreditarem em mim, pela enorme contribuição na realização de mais este sonho.

Às minhas duas lindas irmãs, Lígia e Lélia Mendes, que mesmo distantes fisicamente me deram força e carinho.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Lúcia de Bustamante Simas, por me receber de braços abertos, por ser um exemplo para mim, por compartilhar e ensinar tantos conhecimentos.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Natanael Antônio dos Santos, pelas inúmeras contribuições e ensinamentos nestes nove anos de convivência, pelas parcerias no laboratório, nos artigos e, principalmente, por possibilitar a descoberta da minha paixão pela pesquisa científica.

À professora do Departamento de Fonoaudiologia (UFPB) Dr<sup>a</sup>. Marine Raquel Diniz da Rosa, que fez a triagem auditiva dos participantes ouvintes, pela atitude prestativa ao atender todas as minhas solicitações.

---

<sup>‡</sup>Trecho da música “Eis-me aqui” de Ana Paula Valadão Bessa.

Ao meu colega do doutorado e amigo oftalmologista Paulo de Tasso Valença pelo auxílio e esclarecimentos durante a realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Otávio Gomes Lins pelas contribuições.

A todos os voluntários que participaram desta pesquisa por torná-la possível. Aos participantes surdos, em especial, pelos ensinamentos de resiliência e igualdade.

À FUNAD (Fundação Centro Integrado de Apoio ao Portador de Deficiência), em particular à direção da CODAPA (Coordenação do Deficiente Auditivo) e à professora dos alunos surdos Maria Gerlane Lima Moreira por ter acreditado no meu trabalho e pela imensa ajuda no encaminhamento dos participantes com surdez.

Às amigas Melyssa Galdino, Jákina Vieira e Sandra Martins por tantos momentos divertidos de convivência, por serem tão prestativas e verdadeiras companheiras nestes quatro anos de caminhada na UFPE.

Ao meu grupo de pesquisa do LPNeC (Laboratório de Percepção, Neurociências e Comportamento) da UFPB por todas as colaborações, torcida e força. Por ser minha família na universidade. Todos muito especiais para mim! Em especial, agradeço a Meiry Cunha, Rafaely Dantas, Jandilson Silva, Michael Andrade, Lisieux Andrade e Renata Nogueira pela contribuição a este estudo.

À amiga, Aline Lacerda companheira desde o mestrado e amiga de todas as horas, que direta e indiretamente contribuiu para esta tese e para o meu crescimento acadêmico.

Ao meu grupo de pesquisa do LabVis (Laboratório de Percepção Visual) da UFPE pela amizade.

Aos meus colegas da turma do doutorado, Nadja Asano, José Justino, Marcos Barbosa, Leopoldo Barbosa e Fábio Dantas, pela amizade e companheirismo em todos os momentos, desde a sala de aula até os almoços.

À FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) pelo apoio financeiro.

“A candeia do corpo é o olho”.  
Lucas 11:34 (Bíblia Sagrada)

# PERCEPÇÃO VISUAL DE CONTRASTE EM ADULTOS SURDOS

## RESUMO

O principal objetivo do presente trabalho foi comparar a percepção visual de adultos surdos e adultos com audição normal através da Função de Sensibilidade ao Contraste (FSC). Esta tese foi dividida em dois estudos. **Estudo 1:** A ideia foi avaliar se a surdez desde o início da infância altera a percepção visual de contraste. Quarenta voluntários, com a mesma faixa etária e de ambos os sexos, participaram da pesquisa. Todos apresentavam a acuidade visual normal ou corrigida. Vinte voluntários eram ouvintes e vinte apresentavam perda auditiva sensorio-neural bilateral de grau severo e/ou profundo. Os estímulos visuais estáticos com frequências angulares de 2, 4, 24, 48 e 96 ciclos/360° e de grades senoidais com frequências espaciais de 0,5; 2,5; 4; 10 e 20 cpg (ciclos por grau de ângulo visual) foram apresentados em um monitor de vídeo de 19 polegadas. Foi utilizado o método psicofísico da escolha forçada entre duas alternativas sucessivas, nas quais os estímulos eram exibidos em pares, e os participantes orientados a escolher aquele que continha a frequência espacial (grade senoidal ou angular). O outro estímulo era apenas um círculo cinza com a luminância média. Os voluntários surdos foram instruídos na Língua Brasileira de Sinais. Os resultados demonstraram que os adultos com surdez precisaram de mais contraste do que os adultos ouvintes para perceberem a maioria das frequências espaciais testadas ( $p < 0,001$ ). **Estudo 2:** A ideia de verificar se havia alteração na FSC causada pela Síndrome da Rubéola Congênita (SRC) surgiu porque 12 dos 20 participantes da primeira parte deste trabalho apresentavam este diagnóstico etiológico de surdez. Então, as alterações (menor sensibilidade ao contraste para os surdos em quase todas as frequências) poderiam ser causadas pela rubéola que originou a surdez. Os voluntários do primeiro estudo foram divididos em três grupos e dois participantes surdos com a mesma faixa etária, grau e configuração da perda auditiva foram acrescentados ao grupo com surdez causada por outros fatores. Assim, a FSC de 10 adultos com perda auditiva causada pela SRC foi comparada com a de 10 adultos com perda auditiva causada por outros fatores e com a de 10 adultos com audição normal. Foram utilizados os mesmos estímulos visuais e a mesma metodologia do Estudo 1. Os resultados não demonstraram diferença entre a sensibilidade ao contraste das pessoas com perda auditiva causada pela SRC e das pessoas surdas devido a outros fatores ( $p > 0,05$ ). O grupo com SRC precisou de mais contraste do que as pessoas com audição normal para perceber quase todas as frequências espaciais ( $p < 0,05$ ). A SRC parece não prejudicar a percepção visual de forma distinta da surdez causada por outras etiologias. Em resumo, os achados desta tese sugerem que a condição da surdez pode causar prejuízos no processamento visual de contraste.

**Palavras-chave:** percepção visual; sensibilidade ao contraste; surdez; Síndrome da Rubéola Congênita; psicofísica.

# VISUAL PERCEPTION OF CONTRAST IN DEAF ADULTS

## ABSTRACT

The main objective of this study was to compare the visual perception of deaf adults and adults with normal hearing through the Contrast Sensitivity Function (CSF). This thesis was divided into two studies. **Study 1:** The idea was to assess whether the deafness since early childhood alters the visual perception of contrast. Forty volunteers with similar ages and of both sexes participated in the survey. All had normal or corrected visual acuity. Twenty volunteers were hearings, and twenty of them had severe and/or profound bilateral sensorineural hearing loss. The static visual stimuli with angular frequencies of 2, 4, 24, 48, and 96 cycles/360° and of sine-wave gratings with spatial frequencies of 0.5, 2.5, 4, 10, and 20 cpd (cycles per degree of visual angle) were presented on a 19-inches video monitor. The researchers used the psychophysical method of forced choice between two alternatives in succession, in which the stimuli were displayed in pairs, and participants were asked to choose one that contained the spatial frequency (sine-wave grating or angular). The other stimulus was just a gray circle with average luminance. The deaf volunteers were instructed in LIBRAS (Brazilian Sign Language). The results showed that deaf adults needed more contrast than hearing adults to perceive most of the spatial frequencies tested ( $p < 0.001$ ). **Study 2:** The idea to see if there was change in CSF caused by Congenital Rubella Syndrome (CRS) came about because 12 of the 20 participants of the first part of this work presented this etiological diagnosis of deafness. Then, the changes (lower contrast sensitivity for the deaf in almost all frequencies) could be caused by rubella that caused the deafness. The volunteers from the first study were divided into three groups, and two deaf participants, with the same age, degree and configuration of hearing loss were added to the group with deafness caused by other factors. Thus, the CSF of 10 adults with hearing loss caused by the CRS was compared with that of 10 adults with hearing loss caused by other factors, and with that of 10 adults with normal hearing. Researchers used the same visual stimuli, and the same methodology of Study 1. The results showed no difference between the contrast sensitivity of people with hearing loss caused by the CRS, and deaf due to other factors ( $p > 0.05$ ). The CRS group needed more contrast than people with normal hearing to perceive most spatial frequencies ( $p < 0.05$ ). The CRS does not seem to change the visual perception differently than deafness caused by others etiologies. In short, the findings of this thesis suggest that the condition of deafness can cause losses in the visual processing of contrast.

**Keywords:** visual perception; contrast sensitivity; deafness; Congenital Rubella Syndrome; psychophysics.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. A frequência espacial pode ser definida como o número de ciclos por grau de ângulo visual.....	23
Figura 2. Exemplos de filtros de frequências.....	25
Figura 3. Exemplo de uma grade senoidal e de um estímulo de frequência angular.....	27
Figura 4. Simulação de uma sessão experimental.....	53

### **Estudo 1 – Artigo Original: Visual Perception of Contrast in Deaf Adults**

Figure 1. Examples of visual stimuli: sine-wave grating frequency, angular frequency, and neutral gray stimulus.....	64
Figure 2. Contrast Sensitivity Functions of participants with deafness, and participants with normal hearing for sine-wave gratings.....	67
Figure 3. Contrast Sensitivity Functions of participants with deafness, and participants with normal hearing for the angular frequency stimulus.....	68

### **Estudo 2 – Artigo Original: Contrast Sensitivity of Adults with Deafness related to Congenital Rubella**

Figure 1. Examples of visual stimuli: sine-wave grating, angular frequency, and neutral gray stimulus.....	84
Figure 2. Contrast Sensitivity Functions for sine-wave gratings at spatial frequencies.....	88
Figure 3. Contrast Sensitivity Functions for the angular frequency stimuli.....	89

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 – Classificação da perda auditiva (em intensidade sonora) segundo o grau em decibéis de nível de audição (dB NA).....</b>	<b>21</b>
<b>Tabela 2 – Características dos participantes surdos.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabela 3 – Valores das grandes médias utilizados para construir as curvas de sensibilidade ao contraste para as frequências espaciais de grade senoidal de 0,5; 2,5; 4; 10 e 20 cpg dos dois grupos participantes.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabela 4 – Valores das grandes médias utilizados para construir as curvas de sensibilidade ao contraste para as frequências angulares de 2, 4, 24, 48 e 96 ciclos/360° dos dois grupos participantes.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabela 5 – Valores das grandes médias utilizados para construir as curvas de sensibilidade ao contraste para as frequências espaciais de grade senoidal de 0,5; 2,5; 4 e 10 cpg dos três grupos participantes.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabela 6 – Valores das grandes médias utilizados para construir as curvas de sensibilidade ao contraste para as frequências angulares de 2, 4, 24 e 48 ciclos/360° dos três grupos participantes.....</b>	<b>57</b>
 <b>Artigo de Revisão Sistemática: Percepção Visual, Surdez e Plasticidade</b>	
<b>Tabela 1 – Análise sistemática da literatura (palavras-chaves: <i>visual perception deafness</i>) de 2000-2010 de acordo com os aspectos da percepção visual avaliados, resultados dos estudos e referências.....</b>	<b>38</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

aCSF – Contrast Sensitivity Function for angular frequency stimuli

aFSC – Função de Sensibilidade ao Contraste para estímulos de frequência angular

cpg – ciclos por grau de ângulo visual

CRS – Congenital Rubella Syndrome

CSF – Contrast Sensitivity Function; Contrast Sensitivity Function for sine-wave gratings

FSC – Função de Sensibilidade ao Contraste; Função de Sensibilidade ao Contraste para grade senoidal

SRC – Síndrome da Rubéola Congênita

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	15
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>1.1 Audição</b> .....	17
<b>1.1.1 Processamento Auditivo</b> .....	17
<b>1.1.2 Perda Auditiva</b> .....	18
<b>1.1.2.1 Classificações da Perda Auditiva</b> .....	18
<b>1.1.2.1.1 Tipos da Perda Auditiva</b> .....	19
<b>1.1.2.1.2 Grau da Perda Auditiva</b> .....	20
<b>1.1.2.1.3 Configuração da Perda Auditiva</b> .....	21
<b>1.2 Percepção Visual</b> .....	22
<b>1.2.1 Processamento Visual</b> .....	22
<b>1.2.2 Percepção Visual de Contraste</b> .....	22
<b>1.2.2.1 Função de Sensibilidade ao Contraste</b> .....	23
<b>1.2.2.2 Estímulos Visuais Elementares de Grade Senoidal e de Frequência Angular</b> .....	26
<b>1.3 Surdez e Percepção Visual</b> .....	28
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	31
<b>2.1 Artigo de Revisão Sistemática: Percepção Visual, Surdez e Plasticidade</b> .....	31
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	48
<b>3.1 Objetivo Geral</b> .....	48
<b>3.2 Objetivos Específicos</b> .....	48
<b>4 MÉTODO</b> .....	49
<b>4.1 Participantes</b> .....	49
<b>4.1.1 Critérios de Exclusão da Amostra</b> .....	49

4.1.2 Critérios de Inclusão da Amostra.....	49
4.2 Aspectos Éticos.....	52
4.3 Equipamentos.....	52
4.4 Estímulos Visuais.....	53
4.5 Procedimento.....	54
5 RESULTADOS.....	56
5.1 Estudo 1 – Artigo Original: Visual Perception of Contrast in Deaf Adults.....	58
5.2 Estudo 2 – Artigo Original: Contrast Sensitivity of Adults with Deafness related to Congenital Rubella.....	79
6 DISCUSSÃO GERAL.....	99
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
8 REFERÊNCIAS.....	108
APÊNDICES.....	120
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	121
APÊNDICE B – Entrevista para os Participantes com Audição Normal.....	123
APÊNDICE C – Entrevista para os Participantes Surdos.....	125
ANEXOS.....	128
ANEXO A – Comprovante da Submissão do Artigo “ <i>Visual Perception of Contrast in         Deaf Adults</i> ” para a Revista <i>European Journal of         Neuroscience</i> .....	129
ANEXO B – Comprovante da Submissão do Artigo “ <i>Contrast Sensitivity of Adults         with Deafness related to Congenital Rubella</i> ” para a Revista <i>Audiology         &amp; Neurotology</i> .....	130

<b>ANEXO C – Certidão de Aprovação do Projeto da Tese emitida pelo Comitê de Ética em Pesquisa (UFPE).....</b>	<b>131</b>
--	------------

## APRESENTAÇÃO

As pessoas com surdez precisam se adaptar ao ambiente, sem o sentido da audição, o que torna o processamento visual imprescindível porque permite a sua interação com o mundo e a comunicação através da língua de sinais. Sendo assim, qualquer alteração na visão pode ter implicações nestes processos.

A avaliação da percepção visual torna-se muito importante neste tipo de perda sensorial, pois pode esclarecer o funcionamento de mecanismos sensoriais básicos associados às consequências desta condição.

Nesta perspectiva, o objetivo principal desta tese foi caracterizar e comparar a percepção visual de contraste de adultos surdos e de adultos com a audição normal, utilizando o método psicofísico da escolha forçada para medir a Função de Sensibilidade ao Contraste (FSC) para estímulos visuais elementares de frequências espaciais: grades senoidais e estímulos de frequência angular.

A princípio, a proposta foi avaliar se a surdez, desde o início da infância, altera a percepção visual de contraste. Entretanto 12 dos 20 participantes surdos apresentavam como causa da surdez a Síndrome da Rubéola Congênita (SRC), foi realizada uma segunda comparação entre a FSC dos voluntários com perda auditiva causada pela SRC, a dos voluntários com perda auditiva causada por outros fatores e a dos voluntários com audição normal.

Esta tese foi elaborada conforme as normas do Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento, e algumas seções apresentam o formato de artigo publicado ou submetido à publicação. O presente trabalho está dividido em dez seções. A Seção 1 possui caráter introdutório e aborda alguns aspectos teóricos importantes para a compreensão deste estudo. A Seção 2 trata da revisão sistemática da literatura sobre percepção visual e surdez. Está redigida em formato de artigo cujo título é: “Percepção Visual, Surdez e Plasticidade”. Este foi publicado na revista *Neurobiologia* 74(1), jan./mar. 2011, de acordo com suas normas. A Seção 3 expõe os objetivos gerais e os específicos. A Seção 4 descreve o método da pesquisa, a caracterização dos participantes, equipamentos, estímulos visuais, procedimentos para a realização dos experimentos. Na Seção 5, encontram-se os resultados dispostos no formato de dois artigos originais. O primeiro intitulado “*Visual Perception of Contrast in Deaf Adults*”, redigido conforme as normas da revista *European Journal of Neuroscience* para a qual o artigo foi enviado (ANEXO A). O segundo artigo

intitulado “*Contrast Sensitivity of Adults with Deafness related to Congenital Rubella*”, escrito de acordo com as normas da revista *Audiology & Neurotology* para a qual o artigo foi enviado (ANEXO B). A Seção 6 corresponde à discussão geral, considerando as questões importantes abordadas na Introdução e em cada artigo. As considerações finais seguem na Seção 7, e as referências, na Seção 8. As duas últimas seções trazem os apêndices e os anexos.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Audição

A experiência do ser humano é enriquecida com a capacidade de ouvir uma infinidade de sons, desde a complexidade de uma sinfonia a uma conversa cotidiana ou ao estrondoso barulho de uma torcida de estádio de futebol.

O sistema auditivo processa as vibrações sonoras produzidas no ambiente, permitindo a percepção das características do som, como altura, intensidade, timbre, distância e localização. O estímulo sonoro consiste em compressões e rarefações alternadas, propagando-se pelo ar e penetrando no aparelho auditivo, onde sofre amplificação ou atenuação, decomposição em frequências temporais, até ser interpretado e se tornar consciente à percepção no sistema nervoso central (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002; HUDSPETH, 2003).

### 1.1.1 Processamento Auditivo

De modo geral, o sistema auditivo possui três partes funcionais: orelha externa (pavilhão auditivo e meato acústico externo), orelha média (membrana timpânica e ossículos) e orelha interna (cóclea) (SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA, 2001). O sistema auditivo é dividido basicamente em dois subsistemas: o que transmite e amplifica o som, envolvendo a orelha externa e a orelha média, e o que converte o som em impulsos neurais, envolvendo a orelha interna (BEAR et al., 2002; SOUZA, 2000).

Inicialmente, as ondas sonoras alcançam a orelha, sendo conduzidas pelo meato acústico externo até atingir a membrana timpânica, fazendo-a vibrar. As transmissões propagam-se pelos ossículos da orelha média até a janela oval. Essa vibração mecânica induz o movimento nos fluidos da cóclea, resultando na movimentação das células ciliadas da membrana basilar. O deslocamento destas células ocasiona a conversão do som em sinais neurais. O ápice da membrana basilar tem a função de codificar as ondas sonoras de baixa frequência, transformando-as em respostas neurais, enquanto as frequências mais altas estimulam as células ciliadas da base da membrana basilar (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006).

Os impulsos nervosos são transmitidos pelo nervo auditivo até o núcleo geniculado medial e seguem para as áreas iniciais do córtex auditivo ou A1. Nesta região também existe uma organização tonotópica, isto é, os sons de determinadas frequências projetam-se em partes específicas desta área, implicando uma correspondência dessas partes com partes da cóclea. A1 projeta-se até as áreas secundárias. As áreas auditivas secundárias repassam as informações recebidas às áreas terciárias, associativas, que estão envolvidas com atividades cognitivas superiores, como a memória e o pensamento abstrato (MACHADO, 2006).

### **1.1.2 Perda Auditiva**

A perda auditiva, também chamada de surdez ou deficiência auditiva, é definida como a ausência, perda ou diminuição do sentido da audição (CORRÊA, 2001). Diversas situações ou patologias de ordem congênita (desde o nascimento) ou adquirida afetam diretamente o sistema auditivo ocasionando a perda auditiva. Elas podem ocorrer na orelha externa, na orelha média, na orelha interna, no sistema nervoso central (vias auditivas corticais) ou em combinações destes locais (BESS; HUMES, 1998).

Os distúrbios auditivos podem ser ocasionados por doença inflamatória, toxicidade (efeitos de medicações), ruído, acidente ou lesão, que danifique qualquer parte do sistema auditivo, ou por transmissão genética (ASHA, 2011). A transmissão genética da perda auditiva corresponde a 50% de todas as deficiências auditivas (BESS; HUMES, 1998). Estima-se que existam em média 350 tipos de síndromes genéticas que incluam a perda auditiva como principal sintoma (BAVELIER; DYE; HAUSER, 2006).

A surdez é considerada um problema de saúde pública, não só devido à sua elevada prevalência, mas, sobretudo às múltiplas consequências sob os mais variados prismas como, por exemplo, os altos custos na sua detecção e reabilitação e o comprometimento do desenvolvimento da linguagem falada na criança (OLIVEIRA; CASTRO; RIBEIRO, 2002). Os resultados preliminares do Censo Demográfico Brasileiro de 2010 revelaram que 1.799.885 pessoas declararam ter grande dificuldade permanente de ouvir, e 347.481 pessoas declararam que não conseguem ouvir de modo algum (IBGE, 2011). Dentre as maiores causas de surdez no país, está a síndrome da rubéola congênita (SRC). Esta patologia é a principal causa pré-natal da deficiência auditiva severa infantil, sendo responsável por 74% das etiologias congênitas (DIAS; MITRE, 2009).

### **1.1.2.1 Classificações da Perda Auditiva**

As variações individuais em relação à perda auditiva são inúmeras. A natureza da surdez depende de diversos fatores, tais como a localização no sistema auditivo, a idade de início ou instalação, a causa e o grau da perda auditiva. A seguir serão apresentadas classificações de acordo com o tipo, o grau e a configuração da perda auditiva.

#### **1.1.2.1.1 Tipos da Perda Auditiva**

A perda auditiva pode ser classificada de acordo com a parte do sistema auditivo que está danificada e com o período de surgimento da surdez. Em relação a localização, existem quatro tipos de perda auditiva: condutiva, sensorio-neural, mista e central.

A perda auditiva condutiva ou de transmissão ocorre quando o som não é conduzido de forma eficiente para o tímpano e os ossículos da orelha média através do canal auditivo externo. Esta perda geralmente envolve uma redução no nível de som ou na capacidade de ouvir sons fracos e não está associada à distorção auditiva, podendo, muitas vezes, ser corrigida com medicações ou cirurgias. Trata-se de uma situação extremamente comum nas crianças, dez vezes mais que a surdez sensorio-neural. Quando isolada, não provoca perda auditiva superior ao que é classificado de moderadamente severa. As etiologias mais frequentes são adquiridas, como otites seromucosas ou crônicas, rolhões de cerúmen, presença de corpos estranhos no conduto auditivo e ausência ou malformação da orelha externa, canal auditivo ou da orelha média. Quanto às situações congênicas, estas não representam mais de 1% dos casos (ASHA, 2011; OLIVEIRA et al., 2002).

A perda auditiva sensorio-neural ocorre quando há danos na orelha interna (cóclea) ou nas vias que ligam a orelha interna ao cérebro. Na maioria das vezes, trata-se de surdez profunda, que não pode ser corrigida com medicações ou cirurgicamente. Este é o tipo mais comum de perda permanente da audição e está associada à distorção da sensação auditiva (ASHA, 2011). As situações de causa adquirida compreendem: as pré-natais (tóxicos durante a gravidez – diuréticos, talidomida, álcool; infecções congênicas – rubéola; deficiências vitamínicas), as peri-natais (icterícia neo-natal grave; traumatismo no parto; baixo peso – < 1500 g e prematuridade) e as pós-natais (infecções – labirintite, meningite, sarampo; traumatismos sonoros; doenças metabólicas – hipotireoidismo, diabetes). As situações de causa genética são responsáveis por até a metade dos casos, e de acordo com a data de

aparecimento podem ser pré-natais (aberrações cromossômicas, síndrome do aqueduto vestibular largo) e pós-natais (malformações esqueléticas, doenças neurológicas) (OLIVEIRA et al., 2002).

Às vezes, uma perda auditiva condutiva e uma perda auditiva sensorio-neural ocorrem simultaneamente. Em outras palavras, pode haver danos na orelha externa ou média e na orelha interna ou nervo auditivo. Quando isso ocorre, a surdez é referida como uma perda auditiva mista (ASHA, 2011; SOUZA, 2000).

Por fim, a perda auditiva central, também chamada de neural, refere-se às alterações ou lesões nas regiões corticais e inclui dificuldades no processamento da informação auditiva no sistema nervoso central. As pessoas com surdez neural geralmente apresentam problemas para localizar e compreender o significado do som (ASHA, 2005).

Quanto ao período ou momento de aparecimento da surdez, as perdas auditivas são classificadas em três, de acordo com a aquisição da linguagem e a capacidade de leitura. A surdez pós-lingual acontece quando a criança já fala e lê. A surdez peri-lingual surge no momento em que a criança fala, mas ainda não sabe ler, conjuntura em que, se não houver um acompanhamento eficaz, ocorre uma rápida degradação da linguagem. A surdez pré-lingual, por sua vez, caracterizada pela ausência total de memória auditiva, é adquirida em um período em que a criança ainda não fala, sendo extremamente difícil a estruturação da linguagem falada (CORDES; WSZOLEK, 2003; OLIVEIRA et al., 2002).

#### **1.1.2.1.2 Grau da Perda Auditiva**

A medição da capacidade auditiva é realizada de acordo com a amplitude da intensidade do som, que varia em decibéis (dB). Em geral, o grau da perda auditiva é calculado com base na média aritmética obtida a partir dos limiares auditivos tonais das frequências de 500, 1.000 e 2.000 Hz. O limiar tonal é a quantidade mínima de intensidade sonora capaz de produzir uma sensação auditiva, ou seja, o nível de intensidade necessário para que a pessoa perceba determinado som (RUSSO; PEREIRA; CARVALHO; ANASTÁSIO, 2009).

No que diz respeito à classificação das perdas auditivas quanto ao grau, no Brasil, devido à existência de diversas classificações, ainda existe certa divergência sobre qual seria a mais adequada, sendo mais conhecida a classificação de Lloyd e Kaplan (1978), segundo o Conselho Federal de Fonoaudiologia (2009), que a adota.

Segundo a Tabela 1 a seguir, a audição normal corresponde à intensidade percebida com possíveis perdas de até 25 dB. A perda auditiva em intensidade sonora de grau leve varia entre 26 e 40 dB, neste caso a palavra é percebida, mas alguns fonemas não. A perda auditiva em intensidade sonora de grau moderado varia de 41 a 55 dB e a de grau moderadamente severo varia de 56 a 70 dB, nestes casos há dificuldade na compreensão das palavras. Nestas circunstâncias, a utilização de prótese auditiva pode permitir uma aprendizagem quase normal. O mesmo não ocorre nas perdas auditivas de grau severo e de grau profundo, nas quais a perda varia de 71 a 90 dB e  $\geq$  a 91 dB, respectivamente. Nesses casos, a palavra não é entendida (LLOYD; KAPLAN, 1978).

**Tabela 1 – Classificação da perda auditiva (em intensidade sonora) segundo o grau em decibéis de nível de audição (dB NA) (LLOYD; KAPLAN, 1978)<sup>1</sup>**

<b>Perda (dB NA)</b>	<b>Denominação</b>
$\leq 25$	Audição normal
26 – 40	Perda auditiva de grau leve
41 – 55	Perda auditiva de grau moderado
56 – 70	Perda auditiva de grau moderadamente severo
71 – 90	Perda auditiva de grau severo
$\geq 91$	Perda auditiva de grau profundo

### 1.1.2.1.3 Configuração da Perda Auditiva

Em relação à configuração, a perda auditiva pode ser bilateral ou unilateral e simétrica ou assimétrica. A configuração bilateral significa perda auditiva nas duas orelhas, e a unilateral, perda auditiva em uma orelha. Quando a configuração é simétrica, significa que o grau da perda auditiva é o mesmo nas duas orelhas, e assimétrica, que o grau da perda auditiva é diferente em cada orelha (ASHA, 2011).

<sup>1</sup>CONSELHO FEDERAL DE FONOAUDIOLOGIA. **Audiometria Tonal, Logaudiometria e Medidas de Imitância Acústica: Orientações dos Conselhos de Fonoaudiologia para o Laudo Audiológico**, 2009. Disponível em: <[http://www.fonoaudiologia.org.br/paginas\\_internas/guias Manuais.asp](http://www.fonoaudiologia.org.br/paginas_internas/guias_Manuais.asp)>. Acesso em: 21 jul. 2011.

## **1.2 Percepção Visual**

A percepção visual é definida como a extração de informações do ambiente através do sistema visual, isso inclui a identificação dos objetos com base em seus tamanhos, formas, cores e na experiência prévia (BEAR et al., 2002). A percepção visual abrange também a compreensão, a localização, a análise, o armazenamento e a memorização da informação visual.

### **1.2.1 Processamento Visual**

O processamento da informação visual acontece em diversos níveis do sistema visual. Primeiramente, a luz incide sobre o olho, passa através do cristalino para chegar à retina. A estrutura da retina é extremamente complexa, distinguem-se nela camadas de células: fotorreceptoras (ou fotossensíveis), horizontais, bipolares, amácrinas e ganglionares. As células fotorreceptoras absorvem a energia luminosa e a transformam em atividade neural (impulsos nervosos). Em seguida, até as células ganglionares, são estabelecidas sinapses sucessivas nestas camadas de células. Os axônios das células ganglionares formam o nervo óptico, que se projeta até núcleo geniculado lateral do tálamo. O núcleo geniculado lateral projeta-se até o córtex visual, seus axônios terminam na área visual V1 ou córtex estriado. O córtex estriado, que contém um mapa neural completo da retina, repassa as informações recebidas para as áreas visuais extra-estriadas. Estas, por sua vez, repassam as informações para as áreas visuais superiores (KANDEL; WURTZ, 2003; MACHADO, 2006).

Desta forma, as diversas áreas corticais contribuem diferencialmente para o processamento das informações visuais. Alguns grupos de neurônios respondem a conteúdo cromático, enquanto outros, para diversos tipos de movimento, orientação, localização, forma e contraste (LIVINGSTONE; HUBEL, 1987).

### **1.2.2 Percepção Visual de Contraste**

A percepção de contraste é fundamental porque o ambiente do cotidiano contém diversos objetos com níveis de contraste variados. Além disso, a habilidade para perceber os detalhes dos objetos e das cenas visuais é determinada pela capacidade do sistema visual de discernir contraste e pelo tamanho da imagem visual na retina. O contraste é definido como a

diferença de brilho entre as áreas adjacentes. Quando o espaçamento entre as áreas contrastantes é regular e periódico, têm-se as frequências espaciais (CAMPBELL; MAFFEI, 1974).

O sistema visual é mais sensível ao contraste de algumas frequências espaciais do que de outras, assim como o ouvido é mais sensível a certas frequências de sons. O sinal de som mais simples é uma onda modulada pela função seno. Na visão, o equivalente é um padrão de grade cujo brilho varia de forma senoidal (Figura 1) (CAMPBELL; MAFFEI, 1974). Então, a frequência espacial de uma grade pode ser definida como o número de ciclos por uma unidade de espaço ou por grau de ângulo visual (cpg) (SCHWARTZ, 2004).

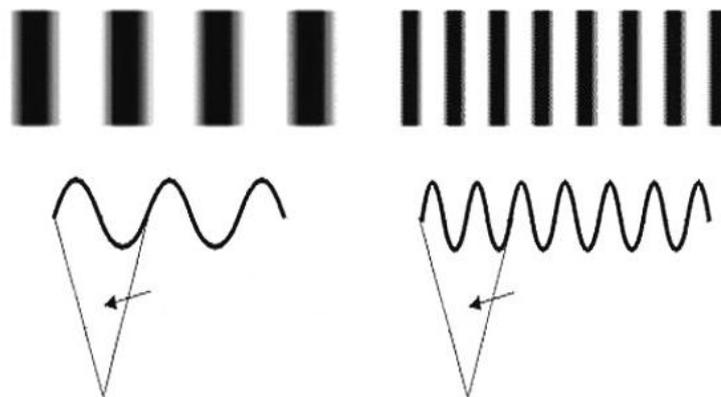


Figura 1. A frequência espacial pode ser definida como o número de ciclos por grau de ângulo visual (cpg). As setas demonstram 1 cpg e 2 cpg, da esquerda para direita<sup>2</sup>.

### 1.2.2.1 Função de Sensibilidade ao Contraste

O inverso do limiar de contraste (a menor quantidade de contraste necessária para perceber uma grade senoidal) é a sensibilidade ao contraste. A variação da sensibilidade para uma série de frequências espaciais é descrita como a Função de Sensibilidade ao Contraste (FSC) (CAMPBELL; ROBSON, 1968).

Muitas vezes, a lacuna existente entre dados e teorias no estudo das relações entre cérebro e comportamento pode ser preenchida com o uso de modelos. Desta forma, dentro da

<sup>2</sup>UNIVERSITY OF UTAH DISCLAIMER. **The Organization of the Retina and Visual Systems**, 2012. Disponível em: <<http://webvision.med.utah.edu/imageswv/KallSpat22.jpg>>. Acesso em: 23 jan. 2012.

perspectiva da investigação da FSC, Campbell e Robson (1968) propuseram o modelo de canais múltiplos para explicar o processamento visual humano.

De acordo com este modelo, para a detecção de grades senoidais, o processamento visual acontece através de canais (grupos de neurônios) que respondem seletivamente a diferentes faixas de frequências espaciais. Campbell e Robson (1968) demonstraram através da eletrofisiologia que algumas unidades do sistema visual respondem a estímulos visuais de grades em movimento contínuo apenas se a frequência espacial da grade pertencer a uma determinada faixa de valores.

Em outras palavras, um estímulo apresentado no campo visual não estimula todos os neurônios corticais que recebem informações daquela área da retina, mas apenas um grupo de neurônios seletivos para aquele padrão apresentado (CAMPBELL; ROBSON, 1968; DE VALOIS; DE VALOIS, 1990).

A seletividade para algumas frequências também foi encontrada nos estudos de Enroth-Cugell e Robson (1966) com gatos e no de Campbell, Cooper, Robson e Sachs (1969) com macacos. Posteriormente, outras pesquisas psicofísicas com humanos confirmaram este modelo (BLAKEMORE; CAMPBELL, 1969a; BLAKEMORE; SUTTON, 1969; GRAHAM; NACHMIAS, 1971; SACHS; NACHMIAS; ROBSON, 1971).

Os autores do modelo de canais múltiplos também relacionaram o limiar de contraste com a série de Fourier. A ideia era a de que o sistema visual decompõe o estímulo complexo em seus componentes elementares (ondas senoidais ou cossenoidais) (CAMPBELL; ROBSON, 1968).

Utilizando este teorema pode-se analisar a distribuição espacial da luz que abrange uma cena visual, por exemplo, decompondo-a em componentes simples de ondas senoidais e/ou cossenoidais (CORNSWEET, 1970). A decomposição de uma cena visual complexa resulta em dois elementos relevantes: o número ou frequência de áreas claras e escuras contrastantes e o grau de contraste entre as áreas claras e escuras adjacentes (Figura 2).



Figura 2. Exemplos de filtros de frequências. Da esquerda para a direita, foto sem filtro (visão normal), foto com filtro de frequências médias e altas (permitindo a passagem apenas das frequências baixas) e foto com filtro de frequências baixas e médias (permitindo a passagem apenas das frequências altas)<sup>3</sup>.

A FSC avalia o desempenho do sistema visual em níveis diferentes de contrastes (baixo, médio e alto contraste), sendo um bom indicador dos fatores ópticos e neurais da visão e fornecendo uma das descrições mais completas deste sistema sensorial (BLAKEMORE; CAMPBELL, 1969b).

Neste sentido, a elevação do limiar, isto é, a necessidade do aumento do contraste para a detecção dos estímulos visuais, pode ser um sinal de alterações. A FSC é utilizada como ferramenta na clínica, fornecendo um melhor diagnóstico para doenças em estágios iniciais, nas quais a acuidade visual ainda não apresenta alteração (COLOMBO; ISSOLIO; SANTILLÁN; AGUIRRE, 2009; OWSLEY, 2003), por exemplo, glaucoma (SILVA; RODRIGUES, 2002; TOCHEL; MORTON; JAY; MORRISON, 2005), neurite óptica e esclerose múltipla (REGAN, 1988; SISTO et al., 2005). Esta ferramenta tem sido muito eficiente para avaliar o prejuízo visual provocado por várias doenças, como cefaleia (BENEDEK; TAJTI; JANÁKY; VÉCSEI; BENEDEK, 2002; MCKENDRICK; SAMPSON, 2009), estrabismo (KIPER; KIORPES, 1994), Síndrome de Down (COURAGE; ADAMS; HALL, 1997), esquizofrenia (KÉRI; ANTAL; SZEKERES; BENEDEK; JANKA, 2000; SLAGHUIS, 1998). Além de avaliar os efeitos de medicações na percepção visual, por exemplo, drogas antiepilépticas (SARTUCCI et al., 1997; STEINHOFF;

<sup>3</sup>VON WANGENHEM, A.; RAHAL, N. A. A. S. **Curso de Introdução ao Tratamento de Imagens e à Visão Computacional**, 1999. Disponível em: <[http://www.inf.ufsc.br/~visao/1999/textura/c\\_filtro.htm](http://www.inf.ufsc.br/~visao/1999/textura/c_filtro.htm)>. Acesso em: 16 jan. 2012.

FREUDENTHALER; PAULUS, 1997; TOMSON; NILSSON; LEVI, 1988) e benzodiazepínicos (GIERSCH; SPEEG-SCHATZ; TONDRE; GOTTENKIENE, 2006).

A FSC ainda é utilizada para estudar o desenvolvimento (ADAMS; COURAGE, 2002; BENEDEK; BENEDEK; KÉRI; JANÁKY, 2003; FRANÇA; SANTOS; MENDES, 2006) e o processo de envelhecimento do sistema visual (OWSLEY; SEKULER; SIEMSEN, 1983; SANTOS; SIMAS; NOGUEIRA, 2003).

A FSC é geralmente mensurada com estímulos elementares. A utilização de padrões simples é baseada no modelo de canais múltiplos mencionado anteriormente. Os estímulos elementares determinam a resposta característica de um filtro de frequência espacial. Além disso, é mais fácil observar e mensurar respostas quando se trabalha com estímulos elementares do que com estímulos complexos (CAMPBELL; MAFFEI, 1974; CAMPBELL; ROBSON, 1968). A subseção seguinte tratará de dois estímulos utilizados nesta pesquisa para a mensuração da sensibilidade ao contraste.

#### **1.2.2.2 Estímulos Visuais Elementares de Grade Senoidal e de Frequência Angular**

A ideia da decomposição de um objeto complexo em subunidades elementares e o fato de cada célula individual da via retina-geniculado-estriado responderem a alguns atributos da imagem em uma área delimitada do campo visual levaram muitos pesquisadores a investigarem estímulos visuais elementares com o objetivo de tentar identificar os atributos ou subunidades nas quais um padrão complexo é decomposto e processado (BLAKEMORE; CAMPBELL, 1969b; PELI; AREND; LABIANCA, 1996; PETERZELL; TELLER, 1996; SACHS; NACHMIAS; ROBSON, 1971).

As modulações senoidais de luminância no espaço (grades senoidais) estão entre os estímulos clássicos mais usados para caracterizar a resposta ou o comportamento do sistema visual. A grade senoidal consiste em barras claras e escuras em alternância (Figura 3). A transição de cada barra clara para cada barra escura é gradual (SCHWARTZ, 2004).

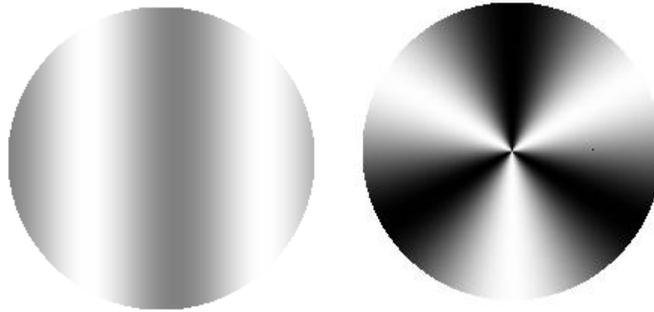


Figura 3. Exemplos de uma grade senoidal e de um estímulo de frequência angular de 3 ciclos/360°, da esquerda para a direita.

A grade senoidal é processada nas áreas iniciais do córtex visual, V1 (DE VALOIS; DE VALOIS, 1990; WILKINSON et al., 2000; WILSON; WILKINSON, 1998). Ela pode ser conceituada em termos da modulação da amplitude de contraste e de sua frequência espacial. Sendo, portanto, um estímulo cuja luminância varia senoidalmente no espaço, em uma única direção, definido em um sistema de coordenadas cartesianas (DE VALOIS; DE VALOIS, 1990). O perfil de luminância da frequência é senoidal, em outras palavras, este estímulo tem sua oscilação de contraste entre o máximo e o mínimo numa mesma unidade de espaço.

O padrão de frequência angular é definido como adimensional e inteiro cuja luminância, de acordo com o seno ou cosseno, varia na direção angular em um sistema de coordenadas polares. A frequência deste estímulo é independente da distância do observador (SIMAS, 1985), e ele pode também ser definido pelo número de ciclos por 360° (Figura 3). Estes estímulos são processados nas áreas extra-estriadas e superiores – V2, V4 e TI (temporal inferior) do córtex visual (GALLANT et al., 1993; GALLANT et al., 1996; HEGDÉ; VAN ESSEN, 2007; KOBATAKE; TANAKA, 1994; MAHON; DE VALOIS, 2001).

Os estímulos de frequência angular têm aparecido na literatura com diversos nomes: alvos radiais, grades radiais, grades polares, estímulo moinho de vento e outros (GALLANT; BRAUN; VAN ESSEN, 1993; GALLANT; CONNOR; RAKSHIT; LEWIS; VAN ESSEN, 1996; TANAKA; FUKADA; SAITO, 1989; TOOTELL et al., 1998). Neste trabalho foi utilizada a nomenclatura adotada por Simas (1985) e Simas e Dodwell (1990).

### 1.3 Surdez e Percepção Visual

A maior parte das conexões neurais do sistema nervoso central é definida durante o desenvolvimento fetal e continua a ser refinada durante a infância (NEVILLE; BAVELIER, 1999). Uma perda sensorial desde o início da vida pode alterar a organização destas conexões afetando a percepção de outras modalidades sensoriais. Esta capacidade do cérebro de reorganizar a arquitetura neural, que pode acontecer como resultado de uma privação sensorial, do desenvolvimento normal, da aquisição de novas habilidades (aprendizagem) ou até de traumatismos ou lesões, recebe o nome de plasticidade neural (BAVELIER; NEVILLE, 2002). Um exemplo da reorganização cortical como consequência da surdez é a demonstração da ativação do córtex auditivo em pessoas surdas diante da apresentação de estímulos visuais (FINE; FINNEY; BOYNTON; DOBKINS, 2005; FINNEY; CLEMENTZ; HICKOK; DOBKINS, 2003; FINNEY; FINE; DOBKINS, 2001; SHIBATA; KWOK; ZHONG; SHRIER; NUMAGUCHI, 2001).

Nesta perspectiva, existem duas hipóteses: da deficiência e da compensação (BROSS, 1979; PARASNIS, 1983; THARPE; ASHMEAD; SLADEN; RYAN; ROTHPLETZ, 2008). A hipótese da deficiência sugere que os sistemas sensoriais se complementam e funcionam em perfeito estado quando todos os sistemas estão preservados. Portanto, uma privação em um dos sistemas sensoriais, como a surdez, poderia prejudicar as funções dos demais sistemas sensoriais, como a visão. Isto pode ocorrer, por exemplo, se uma modalidade sensorial preservada for sobrecarregada com a realização de funções normalmente realizadas pelo sistema sensorial privado.

Por outro lado, a hipótese da compensação supõe que a privação em uma modalidade sensorial pode resultar em uma compensação nas funções dos sistemas sensoriais preservados. No caso da privação auditiva, a compensação também pode ser atribuída à experiência com a língua de sinais (BOSWORTH; DOBKINS, 2002a,b; NEVILLE; BAVELIER, 1999).

A língua de sinais pode ser definida como um conjunto de sistemas abstratos de regras gramaticais próprio das comunidades de indivíduos surdos (FERNANDES, 2003). Esta língua exibe uma complexa estrutura linguística encontrada em línguas faladas, sendo comunicada em síntese pela manipulação das relações espaciais (POIZNER; KAPLAN; BELLUGI; PADDEN, 1984) através da utilização do canal visual-motor, isto é, uso dos olhos e das mãos. Somam-se aos componentes manuais, acrescentando significado ao sinal: a expressão facial, o olhar e a expressão corporal (LEIBOVICI, 1997).

O uso da língua de sinais (cuja configuração é visuo-espacial) tem demonstrado reorganização cortical nas pessoas surdas (LEE et al., 2001; LEE et al., 2003), ativação das áreas auditivas relacionadas à linguagem falada (LAMBERTZ; GIZEWSKI; GREIFF; FORSTING, 2005; PETITTO et al., 2000; SADATO et al., 2004), além de uma melhora para o reconhecimento de faces e de expressões faciais (BETTGER, EMMOREY, MCCULLOUGH; BELLUGI, 1997; MCCULLOUGH, EMMOREY; SERENO, 2005).

Estudos têm sido conduzidos para investigar se há deficiência ou compensação no sistema visual de pessoas surdas. Diversas pesquisas sobre atenção visual têm documentado um melhor desempenho de adultos surdos para tarefas de busca visual e detecção de estímulos periféricos (móveis ou estáticos) quando comparados aos adultos com audição normal (BAVELIER et al., 2000; BAVELIER; NEVILLE, 2002; BOSWORTH; DOBKINS, 2002a,b; DYE; HAUSER; BAVELIER, 2009; LOKE; SONG, 1991; NEVILLE; LAWSON, 1987a; PARASNIS, 1983; PARASNIS; SAMAR, 1985; PROKSCH; BAVELIER, 2002; RETTENBACH; DILLER; SIRETEANU, 1999; STEVENS; NEVILLE, 2006; STIVALET; MORENO; RICHARD; BARRAUD; RAPHEL, 1998). Comparando esses grupos de participantes, também foi encontrada uma vantagem das pessoas com surdez para discriminação de estímulos movimentados no campo visual inferior (BOSWORTH; DOBKINS, 2002a) e no campo visual direito (BOSWORTH; DOBKINS, 1999, 2002a; NEVILLE; LAWSON, 1987b).

Por outro lado, confirmando a hipótese da deficiência, as pessoas surdas têm demonstrado uma percepção visual inferior quando comparadas às ouvintes em estudos sobre busca visual (NETELENBOS; SAVELSBERGH, 2003), alerta e atenção sustentada (PARASNIS; SAMAR; BERENT, 2003), atenção seletiva (MITCHELL; QUITTNER, 1996; QUITTNER; SMITH; OSBERGER; MITCHELL; KATZ, 1994) e atenção seletiva para alvos visuais centrais (PROKSCH; BAVELIER, 2002).

Além disso, os resultados de algumas pesquisas que compararam adultos surdos e ouvintes para discriminação de brilho (BROSS, 1979), processamento visual temporal (BROSS; SAUERWEIN, 1980; POIZNER; TALLAL, 1987), atenção alocada (HAUSER; DYE; BOUTLA; GREEN; BAVELIER, 2007), alerta e orientação da atenção (DYE; BARIL; BAVELIER, 2007) não demonstraram diferença entre a percepção visual destes dois grupos. Até mesmo o estudo de Finney e Dobkins (2001) que utilizou a FSC com estímulos de grades senoidais horizontais em movimento.

Dois outros estudos realizados com a FSC com grades senoidais verticais e estímulos de frequência radial em crianças encontraram um prejuízo na percepção de contraste dos voluntários surdos quando comparados aos ouvintes (SANTOS; MENDES; ALVES, 2009; SANTOS; MENDES; FRANÇA; LACERDA, 2009).

Até o momento não foi encontrado nenhum estudo que utilizou grades senoidais verticais e estímulos de frequência angular para medir a FSC de adultos surdos e compará-la com a FSC de adultos com audição normal.

Diante de tudo que foi mencionado, a avaliação da sensibilidade ao contraste é importante neste tipo de perda sensorial, pois pode esclarecer o funcionamento de mecanismos sensoriais básicos associados às consequências desta condição. Deste modo, a intenção principal deste estudo foi verificar se a surdez desde o início da infância altera a percepção visual de contraste.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Artigo de Revisão Sistemática: Percepção Visual, Surdez e Plasticidade

PERCEPÇÃO VISUAL, SURDEZ E PLASTICIDADE

VISUAL PERCEPTION, DEAFNESS AND PLASTICITY

Liana Chaves Mendes

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco. Laboratório de Percepção Visual (LabVis-UFPE).

Jandilson Avelino Silva

Doutorando do Programa de Psicologia Social da Universidade Federal da Paraíba. Laboratório de Percepção, Neurociências e Comportamento (LPNeC-UFPB).

Natanael Antonio dos Santos

Doutor em Psicologia pelo Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo (USP). Professor do Departamento de Psicologia da Universidade Federal da Paraíba. Laboratório de Percepção, Neurociências e Comportamento (LPNeC-UFPB).

Maria Lúcia de Bustamante Simas

Doutora em Psicologia pela Universidade de Queen's em Kingston, Canadá. Professora do Departamento de Psicologia da Universidade Federal de Pernambuco. Laboratório de Percepção Visual (LabVis-UFPE).

## RESUMO

Este artigo investigou a plasticidade neural, através de uma análise sistemática de estudos comportamentais que comparam a percepção visual de pessoas com surdez e de pessoas com audição normal. Foram consultadas as bases de dados eletrônicas LILACS, MEDLINE, PUBMED e SCIELO, utilizando as palavras-chaves: *visual perception deafness*. Considerando alguns critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 14 artigos, no período de 2000 a 2010. Embora existam alguns resultados contraditórios, considerando os diferentes atributos visuais pesquisados, alterações em certos aspectos da percepção visual das pessoas com perda auditiva foram confirmadas. Estas mudanças são consequência da plasticidade neural e podem ser resultantes da privação da audição e/ou da experiência com a língua de sinais.

**Unitermos:** percepção visual; surdez; revisão da literatura.

## ABSTRACT

This article investigated the plasticity through a systematic analysis of behavioral studies which compares the visual perception of people with deafness and normal hearing people. The following electronic databases were examined: LILACS, MEDLINE, PUBMED and SCIELO, these keywords were consulted: visual perception deafness. Considering some criteria for inclusion and exclusion, 14 articles were selected between the years of 2000 and 2010. Although there are contradictory results, considering different aspects of vision researched, alterations in some aspects of visual perception of people with hearing loss were confirmed. These changes are consequence of neural plasticity and they may be a result of hearing privation and/or experience with the sign language.

**Index terms:** visual perception; deafness; literature review.

A diversidade de comportamentos do ser humano depende de um aprimorado arranjo de receptores sensoriais conectados a redes neurais que se estendem até o cérebro, onde são capazes de discriminar, identificar e reagir a uma grande variedade de objetos e eventos do ambiente. A partir dos receptores sensoriais, o fluxo contínuo de informações é organizado pelo sistema nervoso em percepções<sup>1</sup>.

Os sistemas sensoriais são interdependentes e estão diretamente conectados no cérebro<sup>2</sup>, principalmente no início da vida. Um exemplo desta conexão foi demonstrado no estudo de Neville, que comprovou a existência de ligações entre as áreas corticais visuais e auditivas antes dos seis meses de vida<sup>3</sup>. Mesmo depois da infância, a interconexão entre os sistemas sensoriais faz com que um estímulo de uma determinada modalidade sensorial afete significativamente a percepção e a atenção de outra modalidade.

Desta maneira, a privação de um sentido ocasiona a reorganização de outros sistemas sensoriais, por exemplo, a ausência da audição leva o sistema visual a assumir mais funções de atenção e percepção<sup>4</sup>. Esta capacidade do cérebro de reorganizar a sua arquitetura neural para se adaptar às condições ambientais é denominada de plasticidade neural<sup>5</sup>.

Mais recentemente, a plasticidade tem sido demonstrada através de algumas pesquisas realizadas com pessoas surdas<sup>6-8</sup>. As pessoas com surdez podem apresentar alterações nas habilidades visuais, devido a dois fatores: a experiência com a língua de sinais e/ou a privação da audição<sup>9,10</sup>.

A complexa estrutura da linguagem de sinais utiliza o canal visual-motor. A expressão facial, o olhar e a expressão corporal são somados aos componentes manuais acrescentando significado aos sinais<sup>11</sup>. Para averiguar se as alterações nas habilidades visuais dos surdos são devido ao uso da língua de sinais e/ou se são devido à surdez, geralmente utiliza-se nas pesquisas um terceiro grupo de comparação, além dos surdos e ouvintes: pessoas com a

audição normal que utilizam fluentemente a linguagem de sinais, desde o nascimento, por serem descendentes de pais surdos.

A língua de sinais altera a experiência visual do surdo e também das pessoas com audição normal fluentes nesta linguagem<sup>12</sup>. O uso desta linguagem tem demonstrado alterações corticais para o processamento facial, melhorando, por exemplo, o reconhecimento de faces e de expressões faciais<sup>13,14</sup>.

Alguns estudos eletrofisiológicos e de neuroimagem têm investigado a plasticidade neural em pessoas surdas. Por exemplo, Neville e seus colaboradores<sup>15,16</sup> utilizando a técnica do potencial visual evocado, encontraram um aumento de respostas para estímulos visuais no córtex visual destas. Outros pesquisadores demonstraram que estímulos visuais ativavam o córtex auditivo de pessoas surdas, através da técnica de ressonância magnética funcional por imagem<sup>7,17</sup>.

Em relação à percepção das pessoas surdas, as pesquisas que investigam atenção visual<sup>18</sup>, processamento temporal<sup>19,20</sup>, julgamento de brilho<sup>21</sup> e sensibilidade ao contraste<sup>12</sup> apresentam resultados contraditórios. Enquanto alguns estudos apontam para uma melhor percepção visual de surdos quando comparados aos ouvintes, outros encontram o inverso deste resultado.

Neste sentido, o presente trabalho investigou, através de uma análise sistemática, estudos comportamentais que comparam à percepção visual de pessoas com audição normal e a percepção visual de pessoas com surdez.

## MÉTODO

No final do ano de 2010, foi realizada uma busca sistemática na literatura nas bases de dados eletrônicas: LILACS (Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde), *MEDLINE* (*National Library of Medicine*), *PUBMED* e *SCIELO* (*Scientific Electronic Library Online*). Nesta busca foi utilizada a combinação de três palavras-chaves, foram utilizados termos da lista de Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) da Biblioteca Virtual em Saúde, publicada pela BIREME (disponível em: <http://decs.bvs.br>), para trabalhos em língua inglesa: *visual perception deafness*. Foram selecionados estudos publicados no período de 2000 a 2010.

Alguns critérios foram estabelecidos com o objetivo de definir claramente a adequação da literatura encontrada para este estudo de revisão. Os critérios de inclusão foram: a) estudos comportamentais que comparassem a percepção visual entre pessoas surdas e pessoas com a audição normal; b) estudos que demonstrassem alterações no sistema visual provocadas pela surdez e/ou pela língua de sinais; c) artigos publicados em inglês, português e espanhol. Os critérios de exclusão foram: a) estudos de revisão; b) comunicação breve; c) artigos não disponibilizados no formato *full text*; d) publicações em outros idiomas, mesmo com o resumo em inglês; e) estudos eletrofisiológicos ou de neuroimagem; f) pesquisas com participantes submetidos a implantes cocleares; g) estudos com participantes surdo-cegos ou com a síndrome de Usher, de Wolfram ou outra semelhante, que afetasse o sistema auditivo e o sistema visual simultaneamente. A extração de dados dos artigos selecionados foi realizada por apenas um revisor. Após seleção criteriosa, os artigos foram classificados de acordo com o aspecto da percepção visual estudado.

## RESULTADOS

Utilizando as palavras-chave, a busca nas quatro bases de dados eletrônicas identificou 309 artigos. Foram eliminados 282 artigos pelos seguintes motivos: por não se tratarem de estudos comportamentais que comparavam à percepção visual de pessoas com audição normal e de pessoas com surdez; por não se tratarem de estudos realizados nos últimos 10 anos; por não estarem disponíveis no formato *full text* e por se tratarem de estudos com participantes com implantes cocleares, surdo-cegos, portadores da síndrome de Usher ou outra semelhante. Também foram eliminados três trabalhos por se tratarem de artigos de revisão e um artigo por se tratar de uma comunicação breve. Após uma análise mais criteriosa, nove artigos foram retirados por se tratarem de estudos eletrofisiológicos ou com neuroimagem, permanecendo na análise sistemática 14 artigos.

A Tabela 1, a seguir, mostra os 14 artigos selecionados. O trabalho de Stevens e Neville<sup>22</sup> avaliou dois aspectos distintos da percepção visual: movimento e sensibilidade ao contraste. Os estudos envolvem: atenção visual (5), busca visual (1), discriminação temporal (2), movimento (3) e sensibilidade ao contraste (4).

**Tabela 1 – Análise sistemática da literatura (palavras-chaves: *visual perception deafness*) de 2000-2010 de acordo com os aspectos da percepção visual avaliados, resultados dos estudos e referências**

ASPECTOS DA PERCEÇÃO VISUAL AVALIADOS	RESULTADOS*	AUTORES
Atenção seletiva Atenção dividida Orientação da atenção: - periferia do campo visual	$S > O$ ; $S > OFLS$ $S = O$ ; $S = OFLS$ $S > O$ ; $S > OFLS$	Bosworth & Dobkins <sup>9</sup>
Atenção seletiva: - periferia do campo visual - centro do campo visual	$S > O$ ; $S > OFLS$ $S < O$ ; $S < OFLS$	Proksch & Bavelier <sup>18</sup>
Atenção seletiva  Atenção dividida	$s_c = o_c$ $s_a > o_a$ $S > O$ $S > OFLS$ $s_c = o_c$ $s_a > o_a$ $S > O$ $S > OFLS$	Dye et al. <sup>23</sup>
Alerta e orientação da atenção	$S = O$	Dye et al. <sup>24</sup>
Atenção alocada	$S = O$	Hauser et al. <sup>25</sup>
Busca visual	$s_c < o_c$	Netelenbos & Savelsbergh <sup>26</sup>
Discriminação temporal	$S > O$	Heming & Brown <sup>20</sup>
Discriminação temporal	$S > O$	Nava et al. <sup>27</sup>
Processamento do movimento: - periferia do campo visual - parte inferior do campo visual - campo visual direito	$S > O$ ; $S > OFLS$ $S > O$ ; $S > OFLS$ $S > O$ ; $S = OFLS$	Bosworth & Dobkins <sup>10</sup>
Velocidade do movimento: - periferia do campo visual - centro do campo visual	$S = O$ $S = O$	Brozinsky & Bavelier <sup>19</sup>
Velocidade do movimento: - periferia do campo visual	$S > O$	Stevens & Neville <sup>22</sup>
Sensibilidade ao contraste	$S = O$ ; $S = OFLS$	Finney & Dobkins <sup>12</sup>
Sensibilidade ao contraste	$S = O$	Stevens & Neville <sup>22</sup>
Sensibilidade ao contraste	$s_c < o_c$	Santos et al. <sup>28</sup>
Sensibilidade ao contraste	$s_c < o_c$	Santos et al. <sup>29</sup>

\* Legenda:  $s_c$  = crianças com surdez;  $s_a$  = adolescentes com surdez;  $S$  = adultos com surdez;  $o_c$  = crianças ouvintes;  $o_a$  = adolescentes ouvintes;  $O$  = adultos ouvintes;  $OFLS$  = adultos ouvintes fluentes na linguagem de sinais e descendentes de surdos.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, os estudos que avaliaram a atenção visual apresentaram resultados diversos. No estudo de Bosworth e Dobkins<sup>9</sup> sobre atenção seletiva, os participantes surdos demonstraram um melhor desempenho quando comparados aos ouvintes (fluentes ou não na linguagem de sinais). Isto foi confirmado no artigo de Dye et al.<sup>23</sup>, quando os participantes eram adolescentes e adultos surdos, e no de Proksch e Bavelier<sup>16</sup> apenas quando os estímulos estavam na periferia do campo visual, pois os participantes com audição normal, fluentes ou não na linguagem de sinais, apresentaram melhor desempenho quando os estímulos estavam no centro do campo visual.

Por outro lado, as pessoas surdas, ouvintes e ouvintes que sabiam a língua de sinais não diferiram nas medidas para atenção dividida nos resultados de Bosworth e Dobkins<sup>9</sup>, mas o inverso aconteceu para os adolescentes e adultos surdos do estudo de Dye et al.<sup>23</sup>. Ainda no artigo de Bosworth e Dobkins<sup>9</sup>, as pessoas surdas apresentaram uma vantagem para orientação da atenção na periferia do campo visual, mas o estudo de Dye et al.<sup>24</sup> sobre alerta e orientação da atenção apontou resultados semelhantes entre os participantes surdos e os participantes ouvintes. As pessoas surdas, ouvintes e ouvintes fluentes na língua de sinais também não diferiram nas medidas para atenção alocada, segundo Hauser et al.<sup>25</sup>.

Na pesquisa de busca visual realizada com crianças, os participantes surdos levaram mais tempo que os participantes com audição normal para localizar os alvos<sup>26</sup>. Nos dois estudos sobre discriminação temporal, as pessoas com surdez apresentaram respostas mais rápidas quando comparados as pessoas com audição normal<sup>19,27</sup>.

Em relação ao processamento de movimento, os resultados do único estudo encontrado mostraram que os adultos surdos responderam melhor e mais rápido que os adultos ouvintes quando o estímulo visual era apresentado na periferia, na parte inferior do campo visual e no campo visual direito. Os participantes ouvintes fluentes na linguagem de

sinais apresentaram resultados semelhantes aos participantes surdos apenas quando o estímulo foi apresentado no campo visual direito<sup>10</sup>.

Os dois artigos que investigaram velocidade de movimento divergem. No estudo de Brozinsky e Bavelier<sup>18</sup>, as pessoas com surdez apresentaram limiares de velocidade semelhantes às pessoas ouvintes, independente dos estímulos visuais estarem na periferia ou no centro do campo visual. Enquanto no estudo de Stevens e Neville<sup>22</sup>, no qual os estímulos eram apresentados apenas na periferia do campo visual, as pessoas surdas demonstraram melhor detecção de estímulos visuais dinâmicos ou em movimento.

Stevens e Neville<sup>22</sup> corroboram Finney e Dobkins<sup>12</sup>, uma vez que estes pesquisadores não encontraram alterações na sensibilidade ao contraste dos adultos surdos, ouvintes e ouvintes fluentes na linguagem de sinais (este último grupo, presente apenas no estudo de Finney e Dobkins). Por outro lado, Santos et al.<sup>28,29</sup> em dois estudos com crianças demonstraram que as com audição normal apresentaram uma melhor sensibilidade ao contraste quando comparadas às com surdez.

## DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi descrever, através de uma revisão sistemática da literatura, estudos comportamentais que investigam e comparam a percepção visual de pessoas com audição normal e de pessoas com surdez. As pesquisas analisadas podem ser divididas em três grupos: aquelas que demonstram que a surdez não altera a percepção visual<sup>12,18,24,25</sup>, aquelas que defendem que a surdez melhora a percepção visual<sup>10,19,22,27</sup> e, por fim, aquelas que defendem que a surdez reduz a percepção visual<sup>28,29</sup>.

A falta de consenso dos trabalhos que relacionam a surdez e percepção visual geralmente é atribuída aos critérios de amostragem utilizados<sup>8,30</sup>. A causa e a idade de aparecimento da surdez podem alterar de forma diferente a percepção visual. Bavelier et al.<sup>30</sup> alerta que é imprescindível considerar a complexa etiologia desta patologia, por exemplo, as possíveis consequências de uma surdez pós-natal ocasionada por meningite. A meningite consiste em uma infecção no sistema nervoso central e é uma das maiores responsáveis por sequelas neurológicas durante a primeira infância<sup>31</sup>. Além disso, quando a surdez não é congênita (isto é, desde o nascimento), a criança é exposta ainda que por um curto período de tempo à linguagem falada<sup>32</sup> e neste período, a estimulação auditiva ajuda a moldar o córtex auditivo (fortalecendo algumas sinapses e podando outras) para que adquira sua forma permanente. Diferente da surdez congênita, na qual não há competição dos impulsos nervosos no córtex auditivo da criança e o circuito visual permanece no córtex auditivo, propiciando um sistema visual mais sensível.

Em relação ao grau de severidade da perda auditiva, alguns artigos não mencionaram o grau de surdez em decibéis<sup>19,22,25</sup>. Esta importante informação deveria ser citada. Lambert et al.<sup>33</sup> defendem que a reorganização cortical e, possivelmente, as alterações acontecem apenas em pessoas com surdez profunda ou perda auditiva  $\geq 90$  dB. Mas, diversos estudos não

apresentavam participantes com surdez profunda, e ainda assim, foi encontrada uma melhora na percepção das pessoas surdas<sup>10,18,23,27</sup>.

Outra questão importante é que a maior parte dos estudos descritos nesta revisão foi realizada com adultos. Três pesquisas foram encontradas apenas com crianças<sup>26,28,29</sup> e uma com crianças e adolescentes<sup>23</sup>. Estas confirmam prejuízo na percepção visual das crianças surdas, porém, não dos adolescentes surdos de 11 a 17 anos. Eles apresentam um melhor desempenho que os adolescentes com audição normal na mesma faixa etária<sup>23</sup>. Dye et al. explicam seus resultados afirmando que são necessários vários anos de perda auditiva para que a plasticidade compensatória aconteça.

Já Rettenbach et al.<sup>8</sup> afirmam que apenas os resultados com adultos surdos mostram uma melhora nas habilidades visuais quando comparados aos ouvintes, o que não ocorre com as crianças e adolescentes. Discordando desses autores, Dahmen e King alegam que a relação entre a experiência sensorial e a plasticidade cortical é mais intensa durante a infância, quando as mudanças nos estímulos sensoriais podem ter profundos efeitos na organização funcional do desenvolvimento do córtex<sup>34</sup>. Assim, a literatura indica que a plasticidade depende de fatores como a faixa etária, uma vez que a surdez não interage da mesma forma com atributos da percepção visual de crianças, adolescentes e adultos.

Isso torna difícil a generalização de certos resultados baseada em uma determinada amostra populacional. Além disso, é importante considerar que esses estudos mensuram diferentes atributos da visão<sup>23,26,28,29</sup> em diversas condições, o que dificulta a comparação direta entre os resultados, principalmente, considerando que o tempo de maturação para os diversos atributos é diferente.

Algumas pesquisas descritas trazem participantes ouvintes e surdos que são fluentes na linguagem de sinais<sup>9,10,12,18</sup>. A experiência com a língua de sinais pode ser a causa de algumas alterações nas habilidades visuais, sobretudo quando as pessoas surdas utilizam este

tipo de comunicação desde o nascimento<sup>16</sup>. Existem estudos que citam melhoras no processamento de movimento no campo visual direito<sup>10,35</sup>. A percepção do campo visual direito é processada no hemisfério esquerdo do cérebro, assim como a linguagem de sinais. Este fato sugere uma especialização para o processamento de movimento em surdos e ouvintes fluentes nesta língua<sup>35,36,37</sup>.

A maior parte dos artigos descritos revela um aumento da atenção no campo visual periférico das pessoas com perda auditiva, também encontrado em outros trabalhos da literatura<sup>6,30,35,38,39</sup>. Isto pode justificar porque algumas pesquisas estudam apenas a percepção do campo visual periférico. O uso da linguagem de sinais não foi suficiente para induzir o aumento da atenção periférica<sup>10,17,23</sup>, sendo atribuída à privação da audição. Apesar de a literatura apontar para uma melhor percepção nesta região do campo visual<sup>18,27</sup>, os grupos de surdos e ouvintes não diferiram para detectar os estímulos visuais, independente de estes estarem na periferia ou no centro do campo visual. Dye et al. discutem que a depender da tarefa de atenção instruída no experimento, os surdos apresentarão um desempenho melhor ou pior em relação aos ouvintes<sup>23</sup>.

## CONCLUSÕES

Apesar de não se tratar do objetivo principal, esta revisão demonstrou que a variação de diferentes condições e os critérios de amostragem utilizados em pesquisas deste gênero precisam ser revistos ou padronizados. A etiologia e a idade de aparecimento da surdez precisam ser mencionadas, bem como o grau de severidade da perda auditiva e a forma de comunicação dos participantes (por exemplo, sabe ou não a língua de sinais), pois podem influenciar diretamente os resultados encontrados.

Nesta pesquisa foram encontrados quatro trabalhos que tiveram crianças como participantes. O que mostra a necessidade da realização de mais pesquisas com esta população, para saber se algum aspecto da visão é alterado pela surdez na infância e se há alguma modificação na percepção durante o desenvolvimento.

Este estudo demonstrou que a surdez desde a infância resulta em mudanças compensatórias específicas no processamento visual. Em termos gerais, os adultos com surdez apresentaram melhor: atenção seletiva, principalmente no campo visual periférico<sup>9,16</sup>; orientação da atenção no campo visual periférico<sup>9</sup>; discriminação temporal<sup>19,27</sup>; processamento de movimento na periferia, na parte inferior do campo visual e no campo visual direito<sup>10</sup>; velocidade do movimento na periferia do campo visual<sup>22</sup>. As mudanças nestes aspectos da percepção visual, demonstradas em pesquisas comportamentais, são frutos da plasticidade neural e podem ser resultantes da privação da audição e/ou da experiência com a língua de sinais.

## REFERÊNCIAS

1. Gardner EP, Martin JH. Codificação da informação sensória. In Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, editors. *Princípios da Neurociência*. 4th ed. p. 411-429. Barueri (SP): Manole; 2003.
2. Ghazanfar AA, Schroeder CE. Is neocortex essentially multisensory? *Trends Cogn Sci* 2006; 10 (6): 278-85.
3. Neville HJ. Developmental specificity in neurocognitive development in humans. In Gazzaniga M, editor. *The Cognitive Neurosciences*. p. 219-231. Cambridge: MIT Press; 1995.
4. Mitchell TV, Maslin MT. How vision matters for individuals with hearing loss. *Int J Audiol* 2007; 46: 500-11.
5. Elbert T, Rockstroh B. Reorganization of human cerebral cortex: the range of changes following use and injury. *Neuroscientist* 2004; 10 (2): 129-41.
6. Bavelier D, Neville HJ. Cross-modal plasticity: where and how? *Neuroscience* 2002; 3: 443-52.
7. Finney EM, Fine I, Dobkins KR. Visual stimuli activate auditory cortex in the deaf. *Nat Neurosci* 2001; 4 (12): 1171-3.
8. Rettenbach R, Diller G, Sireteanu R. Do deaf people see better? Texture segmentation and visual search compensate in adult but not in juvenile subjects. *J Cogn Neurosci* 1999; 11 (5): 560-75.
9. Bosworth RG, Dobkins KR. The effects of spatial attention on motion processing in deaf signers, hearing signers and hearing nonsigners. *Brain Cogn* 2002a; 49 (1): 152-69.
10. Bosworth RG, Dobkins KR. Visual field asymmetries for motion processing in deaf and hearing signers. *Brain Cogn* 2002b; 49 (1): 170-81.
11. McCullough S, Emmorey K. Categorical perception of affective and linguistic facial expressions. *Cognition* 2009; 110 (2): 208-21.
12. Finney EM, Dobkins KR. Visual contrast sensitivity in deaf versus hearing populations: exploring the perceptual consequences of auditory deprivation and experience with a visual language. *Cogn Brain Res* 2001; 11 (1): 171-83.
13. Bettger JG, Emmorey K, McCullough SH, Bellugi U. Enhanced facial discrimination: effects of experience with American Sign Language. *J Deaf Stud Deaf Educ* 1997; 2 (4): 223-33.

14. McCullough S, Emmorey K, Sereno M. Neural organization for recognition of grammatical and emotional facial expressions in deaf ASL signers and hearing nonsigners. *Cogn Brain Res* 2005; 22 (2): 193-203.
15. Neville HJ, Lawson D. Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task: an event-related potential and behavioral study. II. Congenitally deaf adults. *Brain Res* 1987a; 405 (2): 268-83.
16. Neville HJ, Schmidt A, Kutas M. Altered visual-evoked potentials in congenitally deaf adults. *Brain Res* 1983; 266 (1): 127-32.
17. Fine I, Finney EM, Boynton GM, Dobkins KR. Comparing the effects of auditory deprivation and sign language within the auditory and visual cortex. *J Cogn Neurosci* 2005; 17 (10): 1621-37.
18. Proksch J, Bavelier D. Changes in the spatial distribution of visual attention after early deafness. *J Cogn Neurosci* 2002; 14 (5): 687-701.
19. Brozinsky CJ, Bavelier D. Motion velocity thresholds in deaf signers: changes in lateralization but not in overall sensitivity. *Cogn Brain Res* 2004; 21: 1-10.
20. Heming JE, Brown LN. Sensory temporal processing in adults with early hearing loss. *Brain Cogn* 2005; 59: 173-82.
21. Bross M. Residual sensory capacities of the deaf: a signal detection analysis of a visual discrimination task. *Percept Mot Skills* 1979; 48: 187-94.
22. Stevens C, Neville H. Neuroplasticity as a double-edged sword: deaf enhancements and dyslexic deficits in motion processing. *J Cogn Neurosci* 2006; 18 (5): 701-14.
23. Dye MWG, Hauser PC, Bavelier D. Is visual selective attention in deaf individuals enhanced or deficient? The case of the useful field of view. *PLoS One* 2009; 4(5): e5640-6.
24. Dye MWG, Baril DE, Bavelier D. Which aspects of visual attention are changed by deafness? The case of Attentional Network Test. *Neuropsychologia* 2007; 45: 1801-11.
25. Hauser PC, Dye MWG, Boutla M, Green CS, Bavelier D. Deafness and visual enumeration: not all aspects of attention are modified by deafness. *Brain Res* 2007; 1153: 178-87.
26. Netelenbos JB, Savelsbergh GJP. Children's search for targets located within and beyond the field of view: effects of deafness and age. *Perception* 2003; 32: 485-97.
27. Nava E, Bottari D, Zampini M, Pavani F. Visual temporal order judgment in profoundly deaf individuals. *Experimental Brain Res* 2008; 190: 179-88.
28. Santos NA, Mendes LC, Alves PAA. Sensibilidade ao contraste de crianças surdas e ouvintes para grades senoidais em condições mesópicas. *Psic: Refl Crít* 2009; 22 (2): 230-5.

29. Santos NA, Mendes LC, França VCRM, Lacerda AM. Detecção de estímulos concêntricos mesópicos em crianças surdas e ouvintes. *Psic: Teor e Pesq* 2009; 25(2): 189-94.
30. Bavelier D, Dye MWG, Hauser PC. Do deaf individuals see better? *Trends Cogn Sci* 2006; 10 (9): 391-430.
31. Anjos LP, Queirós F, Pereira MC, Brandão M, Melo A, Lucena R. Prognóstico audiológico tardio relacionado à meningite em latentes. *Arq Neuro-Psiquiatr* 2004; 62 (3-A): 635-40.
32. Samar VJ, Parasnis I. Dorsal stream deficits suggest hidden dyslexia among deaf poor readers: correlated evidence from reduced perceptual speed and elevated coherent motion thresholds. *Brain Cogn* 2005; 58: 300-11.
33. Lambertz N, Gizewski ER, De Greiff A, Forsting M. Cross-modal plasticity in deaf subjects dependent on the extent of hearing loss. *Cogn Brain Res* 2005; 25 (3): 884-90.
34. Dahmen JC, King AJ. Learning to hear: plasticity of auditory cortical processing. *Curr Opin Neurobiol* 2007; 17 (4): 456-64.
35. Neville HJ, Lawson D. Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task. III. Separate effects of auditory deprivation and acquisition of a visual language. *Brain Res* 1987b; 405 (2): 284-94.
36. Emmorey K, Corina D. Hemispheric specialization for ASL signs and English words: differences between imageable and abstract forms. *Neuropsychologia* 1993; 31 (7): 645-53.
37. Petitto LA, Zatorre RJ, Gauna K, Nikelski EJ, Dostie D, Evans AC. Speech-like cerebral activity in profoundly deaf people processing signed languages: implications for the neural basis of human language. *Proc Natl Acad Sci USA* 2000; 97 (25): 13961-6.
38. Bavelier D, Brozinsky C, Tomann A, Mitchell T, Neville H, Liu G. Impact of early deafness and early exposure to sign language on the cerebral organization for motion processing. *J Neurosci* 2001; 21 (22): 8931-42.
39. Bavelier D, Tomann A, Hutton C, Mitchell T, Corina D, Liu G, Neville H. Visual attention to the periphery is enhanced in congenitally deaf individuals. *J Neurosci* 2000; 20 (RC93): 1-6.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral do presente estudo foi caracterizar e comparar a percepção visual de contraste de adultos surdos e de adultos com audição normal, utilizando o método psicofísico da escolha forçada para medir a função de sensibilidade ao contraste (FSC) para estímulos visuais elementares: grade senoidal e frequência angular. A pergunta condutora desta tese foi a seguinte: a surdez altera a percepção visual de contraste? A hipótese inicial foi que a surdez ocasionaria alterações na percepção visual dos voluntários surdos.

### **3.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos desta tese foram:

- mensurar a FSC com grade senoidal e frequência angular de adultos com surdez;
- mensurar a FSC com grade senoidal e frequência angular de adultos com audição normal;
- comparar a FSC com grade senoidal e frequência angular de adultos com audição normal e de adultos surdos;
- comparar a FSC com grade senoidal e frequência angular dos adultos com audição normal, dos adultos com surdez causada pela Síndrome da Rubéola Congênita e dos adultos com surdez causada por outros fatores;
- verificar a existência de alteração na FSC causada pela Síndrome da Rubéola Congênita;
- investigar e descrever os efeitos da surdez no processamento visual de contraste em adultos surdos.

## **4 MÉTODO**

### **4.1 Participantes**

Participaram desta pesquisa 42 adultos de ambos os sexos (20 homens e 22 mulheres), com idades entre 18 e 37 anos, 22 com surdez (média das idades = 25,3; desvio padrão = 5,3) e 20 com audição normal (média das idades = 26,1; desvio padrão = 4,4).

#### **4.1.1 Critérios de Exclusão da Amostra**

No total, 62 pessoas foram avaliadas para participar deste estudo. Foram excluídos da amostra os voluntários que apresentavam: idade fora da faixa etária de 18 a 37 anos (3), acuidade visual comprometida sem uso de correção (4), daltonismo (1), estrabismo (1). Três voluntários com surdez moderada e outras duas pessoas surdas que não sabiam a língua de sinais e não compreenderam as instruções do estudo também foram excluídas. Três participantes surdos saudáveis desistiram de participar após a primeira sessão experimental e o contato com um outro foi perdido. Além disso, dois participantes ouvintes foram excluídos da amostra, um porque apresentava perda auditiva de grau leve e outro porque não fez a triagem audiológica para comprovar que sua audição era normal.

#### **4.1.2 Critérios de Inclusão da Amostra**

Foram incluídos no estudo participantes saudáveis entre 18 e 37 anos de idade que apresentavam acuidade visual normal ou com correção (6/6), percepção de cor normal e eram livres de doenças oculares ou quaisquer patologias que afetassem as vias visuais.

Os voluntários surdos, especificamente, deveriam saber LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais) e apresentar surdez bilateral severa ou profunda de acordo com a classificação adotada pelo Conselho Federal de Fonoaudiologia (2009), que define a surdez severa como a perda auditiva de 71 a 90 dB e a surdez profunda como a perda auditiva  $\geq 91$  dB.

O tipo, o grau e a configuração da perda auditiva foram comprovados através de exames recentes de audiometria realizados por fonoaudiólogos ou otorrinolaringologistas. De acordo com a Tabela 2 a seguir, as pessoas surdas apresentavam surdez sensorio-neural bilateral severa e/ou profunda. Dentre as 22 pessoas surdas: 15 apresentavam surdez

congenita (12 causadas pela Síndrome da Rubéola Congênita, duas de causa desconhecida e uma devido a complicações durante o parto) e sete apresentavam surdez adquirida (três causadas por ingestão de antibiótico, três causadas por meningite e uma causada por acidente).

Quinze pessoas apresentavam perda auditiva simétrica: doze de grau profundo e três de grau severo em ambas as orelhas. Sete pessoas apresentavam perda auditiva assimétrica de grau severo e profundo. Dez participantes faziam o uso de próteses auditivas, mas nenhum apresentava implante coclear ou outros.

**Tabela 2 – Características dos participantes surdos**

Participantes	Idade	Momento/Idade de Aparecimento da Surdez	Causa da Surdez	Tipo de Surdez	Grau de Surdez
1	18	congenita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: severo OE: profundo
2	18	congenita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo
3	18	congenita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: severo OE: severo
4	18	3 anos	acidente	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo
5	21	congenita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo
6	21	congenita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: severo OE: profundo
7	22	3 meses	ingestão de antibiótico	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo
8	23	5 meses	ingestão de antibiótico	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo

9	23	congênita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo
10	23	congênita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: profundo OE: severo
11	24	congênita	desconhecida	sensorio-neural	OD: severo OE: severo
12	24	11 meses	meningite	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo
13	25	congênita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo
14	26	congênita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: severo OE: severo
15	27	5 anos	meningite	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo
16	27	congênita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo
17	27	congênita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: severo OE: profundo
18	27	congênita	desconhecida	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo
19	29	7 meses	meningite	sensorio-neural	OD: severo OE: profundo
20	34	2 anos	ingestão de antibiótico	sensorio-neural	OD: severo OE: profundo
21	34	congênita	Síndrome da Rubéola Congênita	sensorio-neural	OD: profundo OE: profundo
22	37	congênita	complicações no parto	sensorio-neural	OD: profundo OE: severo

Em sua grande parte, os voluntários surdos eram estudantes que frequentavam a FUNAD (Fundação Centro Integrado de Apoio ao Portador de Deficiência), e os demais voluntários foram apresentados à pesquisadora pelos participantes do estudo ou por funcionários da fundação. A FUNAD está localizada na cidade de João Pessoa, foi criada pelo Governo do Estado da Paraíba em 1989 e é especializada em atender pessoas com deficiência.

A maior parte dos participantes com audição normal eram estudantes. Eles foram submetidos a uma triagem audiológica (audiometria tonal) que considerou o padrão de normalidade de 25 dB, de acordo com a classificação adotada pelo Conselho Federal de Fonoaudiologia (2009), realizada em cabine acústica com o audiômetro modelo AD 229B (*Interacoustics*, Assens, Dinamarca).

## 4.2 Aspectos Éticos

Este estudo foi registrado no Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde desta universidade com o número de protocolo 010/08 (ANEXO C). As pessoas participaram desta pesquisa mediante a assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE A), conforme a resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, que trata das diretrizes e normas de pesquisas envolvendo seres humanos.

Este tipo de estudo não apresentou nenhum risco para a saúde destas pessoas. A participação foi voluntária, de modo que os participantes não receberam qualquer tipo de pagamento. Os voluntários poderiam desistir de participar a qualquer momento.

## 4.3 Equipamentos

Para gerar os estímulos visuais e controlar os experimentos em tempo real, foi utilizado um programa em linguagem C++ desenvolvido pelo Laboratório de Percepção Visual (LabVis-UFPE). Os estímulos visuais foram apresentados em um monitor de vídeo LG de 19 polegadas conectado a um microcomputador *Pentium IV* por meio de um *hardware* Bits ++ (*Cambridge Research Systems*, Cambridge, Reino Unido) e de uma placa de vídeo com entrada VGA e DVI. O Bits ++ foi utilizado para aumentar a variação gradativa dos estímulos, aumentando a resolução do monitor de 8 para 14 bits, proporcionando melhor definição aos estímulos.

Também foram utilizados: um fotômetro ColorCAL (*Cambridge Research Systems*) para medir a luminância média da tela e para a realização da correção gamma do monitor; um mouse para o participante responder aos estímulos apresentados; uma cadeira fixada à distância de 300 cm do monitor, e um apoio de queixo para garantir uma visualização confortável, além de manter o participante com a face voltada para a tela do monitor (Figura 4).



Figura 4. Simulação de uma sessão experimental.

#### 4.4 Estímulos Visuais

No Estudo 1, foram utilizados: um estímulo neutro (círculo cinza com luminância homogênea), grades senoidais verticais com frequências espaciais de 0,5; 2,5; 4; 10 e 20 cpg e estímulos de frequência angular de 2, 4, 24, 48 e 96 ciclos/360°. No Estudo 2, foram utilizados os mesmos tipos de estímulos do Estudo 1, porém a quantidade de frequências diferiu; sendo usadas grades senoidais com frequências de 0,5; 2,5; 4 e 10 cpg e frequências angulares de 2, 4, 24 e 48 ciclos/360°. Exemplos destes estímulos visuais também são encontrados na descrição da metodologia dos artigos acima (Estudo 1 e 2).

Os estímulos visuais usados nos experimentos eram estáticos, circularmente simétricos, acromáticos e apresentados no centro da tela de um monitor com diâmetro de 4,69

graus de ângulo visual (considerando a distância de 300 cm do monitor). Em todos os experimentos, a luminância média da tela foi de  $41 \text{ cd/m}^2$ . Cada frequência era medida duas vezes, em dias diferentes. A ordem de mensuração das frequências foi aleatória.

#### **4.5 Procedimento**

Foi realizado um contato inicial com a FUNAD através da entrega do projeto desta tese e de um ofício solicitando a colaboração para o desenvolvimento do estudo nessa fundação. Após entrevistas com a diretoria técnica da FUNAD e a CODAPA (Coordenação do Deficiente Auditivo), que incluíram a explicação dos objetivos da pesquisa e alguns esclarecimentos, os trabalhos começaram com uma triagem para possíveis voluntários, em novembro de 2009.

A parte prática da pesquisa ou realização das sessões experimentais no Laboratório de Percepção, Neurociências e Comportamento (LPNeC-UFPB) aconteceu de abril de 2010 a agosto de 2011. Primeiramente foi realizada uma entrevista para melhor caracterização da amostra. As entrevistas com os voluntários ouvintes (APÊNDICE B) e com os voluntários surdos (APÊNDICE C) diferiam porque as questões para os participantes surdos incluíam informações sobre a etiologia, idade de aparecimento, tipo e grau da surdez (obtidas também através da audiometria e da entrevista com familiares dos participantes).

Em seguida, foi medida a acuidade visual com a cartela de optotipos “E” de Rasquin, e a percepção de cor foi avaliada através do teste de Ishihara. Depois foi mensurado o limiar de contraste para cada estímulo e suas respectivas frequências. Utilizou-se um desenho experimental com medidas repetidas, comum nas pesquisas básicas em percepção visual com método psicofísico, onde o “N” estatístico é obtido a partir de reversões ou valores máximos e mínimos de contraste. O desenho experimental foi composto de duas variáveis independentes (frequências espaciais e condição com e sem surdez) e uma variável dependente (sensibilidade ao contraste).

As medidas do limiar de contraste foram realizadas com o paradigma psicofísico da escolha forçada entre duas alternativas sucessivas (WETHERILL; LEVITT, 1965), nas quais os estímulos eram exibidos em pares (um após o outro), e os participantes orientados a escolher aquele que contivesse a frequência espacial (grade senoidal ou frequência angular) em baixo contraste. O outro estímulo era apenas um círculo cinza com a luminância média.

A ordem de apresentação dos estímulos foi aleatória. Cada estímulo foi apresentado por dois segundos, com intervalo de um segundo entre um e outro. Os intervalos entre as tentativas (ou julgamentos dos participantes) eram, em média, de três segundos.

Os voluntários foram instruídos para responder depois que dois estímulos fossem apresentados. As instruções foram as seguintes: “Será apresentada uma sequência de pares de estímulos, um com listras claras e escuras e outro totalmente cinza. Você deverá escolher sempre o estímulo que contém as listras. Pressione o botão do lado esquerdo (botão número 1) do *mouse* quando o estímulo com listras for apresentado primeiro e o botão do lado direito (botão número 2) quando o estímulo com listras for apresentado em segundo lugar (após o estímulo cinza)”. O botão esquerdo foi sinalizado com o número “1” e o botão direito com o número “2”. É importante mencionar que quando cada sessão foi iniciada o estímulo teste apresentava um nível de contraste supra-limiar, e que os experimentos só começavam quando o experimentador certificava-se de que os participantes entenderam e responderam conforme as instruções. Os participantes surdos foram instruídos em LIBRAS.

O critério adotado foi: três acertos consecutivos para diminuir uma unidade de contraste, e um erro para aumentar o contraste em uma unidade (20%). O número de apresentações necessárias para a determinação do limiar de contraste variou de acordo com os acertos do observador e de acordo com o número de valores máximos e mínimos de contraste. Neste caso, foram utilizados dez pares. Assim, em cada experimento, a sessão foi finalizada quando cinco valores de máximos do limiar de contraste e, cinco de mínimos eram obtidos. Quando este procedimento foi repetido para todas as frequências espaciais dos dois estímulos visuais, os valores de sensibilidade ao contraste foram transformados em curvas que podem ser vistas nas Figuras 2 e 3 dos dois artigos que seguem abaixo.

Cada voluntário foi ao laboratório, no mínimo, quatro vezes em dias diferentes. Todas as medidas foram obtidas com visão binocular e pupila natural. As condições de iluminação da sala onde foram realizados os experimentos, independente da hora do dia, foram mantidas constantes.

## 5 RESULTADOS

Os resultados da presente pesquisa foram divididos em dois estudos. No Estudo 1, a sensibilidade ao contraste das pessoas surdas foi menor do que a das pessoas ouvintes para quase todas as frequências dos dois estímulos visuais (Tabelas 3 e 4). Em relação à análise estatística, a diferença significativa ocorreu na grade senoidal com frequência espacial de 0,5; 2,5; 4 e 20 cpg ( $p < 0,001$ ) e nas frequências angulares de 2, 4, 24 e 48 ciclos/360° ( $p < 0,001$ ). Ou seja, com exceção de duas frequências que não mostraram diferença significativa (10 cpg e 96 ciclos/360°), os voluntários ouvintes perceberam melhor todos os estímulos com as demais.

**Tabela 3 – Valores das grandes médias utilizados para construir as curvas de sensibilidade ao contraste para as frequências de grade senoidal de 0,5; 2,5; 4; 10 e 20 cpg dos dois grupos participantes**

<b>Participantes</b>	<b>0,5</b>	<b>2,5</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
<b>Ouvintes</b>	30,1	149,5	162	61,2	11,9
<b>Surdos</b>	26,4	133	142,7	60,9	10,7

**Tabela 4 – Valores das grandes médias utilizados para construir as curvas de sensibilidade ao contraste para as frequências angulares de 2, 4, 24, 48 e 96 ciclos/360° dos dois grupos participantes**

<b>Participantes</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>96</b>
<b>Ouvintes</b>	72,5	149,2	244,2	211,2	121
<b>Surdos</b>	61,6	124,3	203,5	187,7	126

Pelo fato de 12 dos 20 participantes surdos apresentarem como diagnóstico etiológico da surdez a SRC, foi realizada uma segunda comparação entre a FSC dos voluntários com perda auditiva causada pela SRC, dos voluntários com perda auditiva causada por outros fatores e dos voluntários com audição normal (Estudo 2) (Tabelas 5 e 6). O objetivo foi então verificar se havia alteração na FSC causada pela SRC. Os resultados não demonstraram diferença significativa entre a sensibilidade ao contraste das pessoas com perda auditiva causada pela SRC e das pessoas com surdez causada por outros fatores ( $p > 0,05$ ). Diferenças foram encontradas quando o grupo com SRC foi comparado às pessoas com audição normal nas frequências de 2,5; 4; 10 cpg e 2, 4 e 24 ciclos/360° ( $p < 0,05$ ); e quando os voluntários

com surdez causada por outros fatores foram comparados às pessoas com audição normal nas frequências de 0,5; 2,5; 4; 10 cpg e 2, 4, 24, 48 ciclos/360° ( $p < 0,05$ ). Assim a SRC parece não prejudicar a percepção visual de contraste de forma distinta da surdez causada por outras etiologias.

**Tabela 5 – Valores das grandes médias utilizados para construir as curvas de sensibilidade ao contraste para as frequências espaciais de grade senoidal de 0,5; 2,5; 4 e 10 cpg dos três grupos participantes**

<b>Participantes</b>	<b>0,5</b>	<b>2,5</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
<b>Ouvintes</b>	29,5	155,8	171,1	76,6
<b>Com surdez causada pela SRC</b>	28,4	139,1	147,9	64,4
<b>Com surdez causada por outros fatores</b>	26,8	130,8	148,7	60,7

**Tabela 6 – Valores das grandes médias utilizados para construir as curvas de sensibilidade ao contraste para as frequências angulares de 2, 4, 24 e 48 ciclos/360° dos três grupos participantes**

<b>Participantes</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>48</b>
<b>Ouvintes</b>	72,5	143,3	225,3	209,3
<b>Com surdez causada pela SRC</b>	61,9	124,1	207,3	195,3
<b>Com surdez causada por outros fatores</b>	63,6	128,3	206,2	194,7

## **5.1 Estudo 1 – Artigo Original: Visual Perception of Contrast in Deaf Adults**

### **Research Reports**

**Title: VISUAL PERCEPTION OF CONTRAST IN DEAF ADULTS**

**Authors:** Liana Chaves Mendes-Santos; Melyssa Kellyane Cavalcanti-Galdino; Jákina Guimarães Vieira; Natanael Antônio dos Santos; Maria Lúcia de Bustamante Simas

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas

Departamento de Psicologia - Laboratório de Percepção Visual (LabVis)

Av. Prof. Moraes Rego, 1235, B. Cidade Universitária

50740-900 Recife, PE - Brasil

**Running Title: VISUAL PERCEPTION OF CONTRAST IN DEAF**

**Number of Pages: 22**

**Number of Figures: 3**

**Number of Words in:**

**(i) the whole manuscript: 4166;**

**(ii) the Abstract: 132;**

**(iii) the Introduction: 550**

**Keywords:** visual perception; contrast sensitivity; deafness; spatial frequency; psychophysics.

**Abstract**

The main objective of this study was to measure the Contrast Sensitivity Function of deaf as compared to normal hearing volunteers. Forty adults (18 to 36 years old) participated in this study: 20 presented bilateral sensorineural hearing loss, severe and/or profound. All participants had normal visual acuity and were free of ocular pathology. We used sine-wave gratings of 0.5, 2.5, 4, 10 and 20 cpd, and angular frequency stimuli of 2, 4, 24, 48 and 96 cycles/360°. Participants had to select, between two stimuli displayed successively, which one contained the spatial frequency. The other stimulus was set at the mean luminance (neutral stimulus). Results showed that deaf adults needed more contrast to perceive spatial frequencies at maximum sensitivities. We concluded that hearing loss can be associated to lower visual sensitivity to contrast.

## Introduction

What happens to the visual system when there is an auditory deprivation? Does early deafness result in changes in visual perception? Several researchers have argued that deafness may enhance, reduce, and/or have no effect on visual perceptual abilities. Findings from studies that involved motion processing (Bavelier & Neville, 2002; Bosworth & Dobkins, 2002a; Neville & Lawson, 1987), visual temporal processing (Heming & Brown, 2005; Nava *et al.*, 2008), and selective attention in peripheral visual processing (Bosworth & Dobkins, 2002b; Dye *et al.*, 2009; Proksch & Bavelier, 2002) have demonstrated enhanced abilities in deaf participants when compared to hearing ones.

Poor performance among deaf individuals has been reported for the visual search (Netelenbos & Savelsbergh, 2003), sustained attention and alerting (Parasnis *et al.*, 2003), and selective attention for central targets (Proksch & Bavelier, 2002). Finally, the results of studies that measured performance in visual tasks involving brightness discrimination (Bross, 1979), temporal resolution (Bross & Sauerwein, 1980), allocate attention (Hauser *et al.*, 2007), and alerting and orienting of attention (Dye *et al.*, 2007) have demonstrated no significant difference in performance between deaf volunteers and the control ones.

The overall findings of these studies on vision indicate that the effects (i.e., deficits versus enhancements) are not general, and may be influenced by the type of visual task (Heming & Brown, 2005). So, does it affect contrast sensitivity? Research measuring contrast sensitivity to sine-wave gratings found no difference between deaf and hearing people (Finney & Dobkins, 2001).

Contrast sensitivity is estimated by measuring contrast thresholds for sine-wave gratings with spatial frequencies of 0.5 to 30 cycles per degree of visual angle (cpd). Sensitivity to this range of spatial frequencies is described by the Contrast Sensitivity Function (CSF) (Campbell & Robson, 1968). It provides a powerful tool for characterizing

spatial vision capabilities (Schwartz, 2004). Associated to measurements of the CSF, arose the hypothesis that contrast sensitivity of the human visual system is mediated by a number of spatially tuned mechanisms in the visual cortex.

Most of the previous studies measuring contrast sensitivity used stimuli that are believed to be processed by early visual areas like V1 (De Valois & De Valois, 1990; Hubel & Wiesel, 1968), such as vertical sine-wave gratings. But some research used angular frequency stimuli that are believed to be processed in the extrastriate areas of the cortex (Gallant *et al.*, 2003; Gallant *et al.*, 2006; Kobatake & Tanaka, 1994).

Angular frequency stimuli have appeared in the literature under a variety of names: radial targets, radial gratings, polar gratings, windmill stimuli, star-like, among others (Gallant *et al.*, 2003; Gallant *et al.*, 2006; Tanaka *et al.*, 1989; Tootell *et al.*, 1998). The Contrast Sensitivity to Angular Frequencies (aCSF) was first measured with a psychophysical method by Simas, and here we adopt her original nomenclature (Simas, 1985; Simas & Dodwell, 1990). Angular frequency stimuli are defined as spatial frequencies modulated by sine-waves (or cosine-waves, depending on how phase is considered) with angle, within a circle, 360°. These are adimensional and an integer stimuli whose spatial frequencies are independent of the distance of the observer.

No work measured contrast sensitivity for angular frequency stimuli in deaf participants. In this study, we compare the contrast sensitivity of deaf adults, and adults with normal hearing to visual stimuli consisting of sine-wave gratings (CSF) and angular frequencies (aCSF).

## **Materials and Methods**

### **Participants**

The participants were 20 deaf adults, ten males, ranging in age from 18 to 36 years old, with an average age of 24 years (standard deviation = 4,7). They had severe and/or profound bilateral sensorineural deafness, and knew LIBRAS (Brazilian Sign Language). Deafness is defined as severe hearing loss from 71 to 90 dB; and profound deafness, as a kind of hearing loss of > 91 dB, according to the classification adopted by the Federal Council of Speech Therapy of Brazil - Conselho Federal de Fonoaudiologia (2009).

The volunteers had pre-language deafness (congenital or acquired in a period leading up to spoken language). Among the 20 deaf, 14 had congenital deafness (12 caused by congenital rubella syndrome, and two of unknown cause); and six had acquired deafness (three caused by ingestion of antibiotics, two caused by meningitis, and one caused by an accident). Nine participants were using hearing aids, but none had cochlear implants or other. The type or degree of deafness and hearing loss configuration was proven by recent audiometric tests, performed by audiologists and otolaryngologists.

Twenty adults with normal hearing, eight men, between 18 and 36 years old, and an average of 26 years (standard deviation = 4.4) composed the control group. They underwent a hearing screening, considering the normal range of 25 dB (Conselho Federal de Fonoaudiologia, 2009) in a soundproof booth with the audiometer AD 229B (Interacoustics Assens, Denmark).

All volunteers had normal visual acuity with, or without, correction (6/6), normal color perception and were free of ocular diseases or any diseases that affect the visual pathways.

This study was approved by the Ethics Committee in Research of the Center for Health Sciences at this University, and was conducted in accordance with The Code of Ethics

of the World Medical Association. People participated in this research by signing an informed consent. This type of study does not present any risk to the health of these people. Participation was voluntary, so that the participants did not receive any payment.

### **Equipment and Visual Stimuli**

All images were displayed on a 19'' CRT monitor LG; a digital-to-analogue converter (Bits++, Cambridge Research Systems, Cambridge, United Kingdom) was used to increase the dynamic range of luminance levels from 256 (8 bit) gray levels to 16,384 (14 bit) gray levels. A ColorCal photometer (Cambridge Research Systems) was used to make the gamma correction; a mouse for the responses, and a chin-rest to ensure a comfortable viewing position for the participant while maintaining fixation at the monitor display.

A neutral gray stimulus at mean luminance was used as noise. Sine-wave gratings of 0.5, 2.5, 4, 10, and 20 cpd were used to measure the CSF whereas angular frequencies of 2, 4, 24, 48 and 96 cycles/360° were used to estimate the aCSF (Figure 1).

Figure 1 shows examples of a sine-wave grating, an angular frequency stimulus, and the neutral gray field. The visual stimuli used in the experiments were static, achromatic, and presented at the center of the screen with a diameter of 4.69 degrees of visual angle at 300 cm from the monitor display.

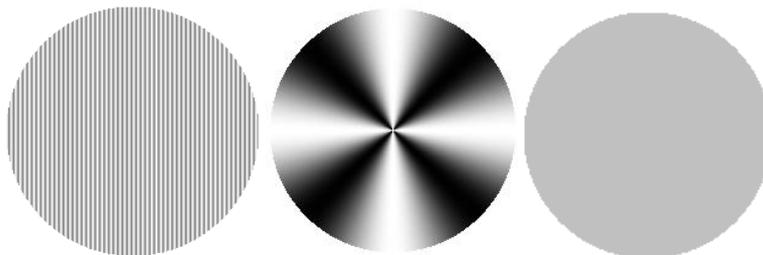


Figure 1. Examples of visual stimuli: sine-wave grating frequency, angular frequency, and neutral gray stimulus, respectively.

In all experiments, the mean luminance of the screen was  $41 \text{ cd/m}^2$ . Each frequency was estimated twice, on different days. The order of frequency of the measurements was random.

## **Procedure**

The procedure involved an interview with each participant and the elaboration of a schedule of the experimental sessions to measure the 20 point estimates for both functions (CSF and aCSF). These measurements included an assessment of the visual acuity using the chart "E" of Rasquin, and the Ishihara test color of perception. Thus, each volunteer came to the laboratory at least four times, on different days, to perform all measurements.

We used a forced-choice paradigm (Wetherill & Levitt, 1965), where the volunteer had to choose between two stimuli, which one contained the test frequency (sine-wave grating or angular frequency). The other stimulus was always a neutral gray at mean luminance.

All measurements were binocular with natural pupil. Participants chose one of two successive stimuli placed at the center of the screen. The order of presentation was random, and each stimulus was presented for 2 s, with an interval of 1 s between them. The intervals between trials (or trials of participants) were at least 3 s long. During the training, each participant was given the instruction, either verbally (the normal hearing group) or by sign language (for the deaf group).

Volunteers had to respond at the end of each pair presentation. The instructions were: "You will see a sequence of pairs of stimuli, with white and dark stripes and the other completely gray. You should always choose the stimulus containing the stripes, pressing the left button (number 1) of the mouse when the stimulus is presented first with stripes, and the right button (number 2), when it is presented in second place (after the stimulus gray)". The mouse was marked with the numbers "1" (bottom left) and "2" (bottom right).

Each session began with the stimulus test set at supra-threshold level. The criterion was: three consecutive correct responses to lower contrast of an unit and one error to increase contrast by an unit (20%).

## Results

After each experimental session, a table containing the resulting contrast threshold values of maxima and minima levels was obtained for each test frequency. For both groups, normal hearing and deaf, the grand mean of contrast thresholds were used as estimates of contrast sensitivity to each spatial frequency. Thus, the 20 participants of each group, measuring each spatial frequency twice, yielded a total of 80 contrast sensitivity curves.

Figure 2 shows the results for sine-wave gratings. The *t*-Student test for independent groups showed significant difference between deaf volunteers and those with normal hearing at frequencies 0.5 [ $t(798) = 4.48, p < 0.001$ ], 2.5 [ $t(798) = 5.06, p < 0.001$ ], 4 [ $t(798) = 4.05, p < 0.001$ ] and 20 cpd [ $t(798) = 3.45, p < 0.001$ ]. There was no difference between groups at 10 cpd ( $p > 0.05$ ).

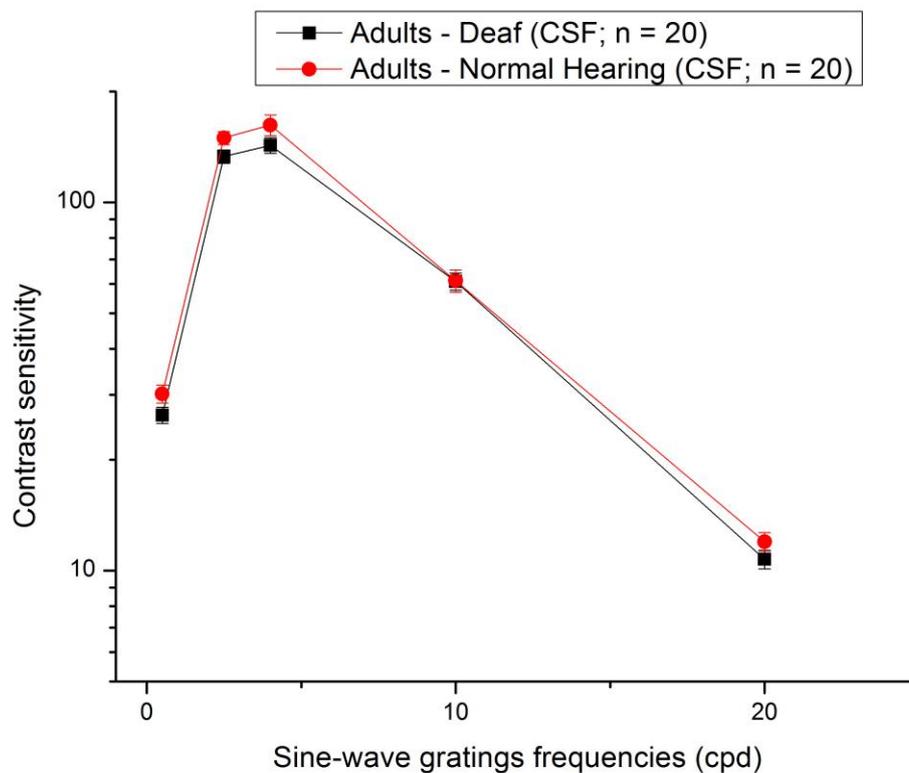


Figure 2. Contrast Sensitivity Functions of participants with deafness, and participants with normal hearing for sine-wave gratings at frequencies of 0.5, 2.5, 4, 10 and 20 cpd. The error bars are standard errors of the mean.

Figure 3 shows the results for angular frequencies. We used the *t*-Student test for independent groups, to compare the groups, and obtained significant differences for angular frequencies of 2 [ $t(798) = 5.17, p < 0.001$ ], 4 [ $t(798) = 5.89, p < 0.001$ ], 24 [ $t(798) = 7.17, p < 0.001$ ], and 48 cycles/360° [ $t(798) = 4.24, p < 0.001$ ]. We found no significant difference for 96 cycles/360° ( $p > 0.05$ ).

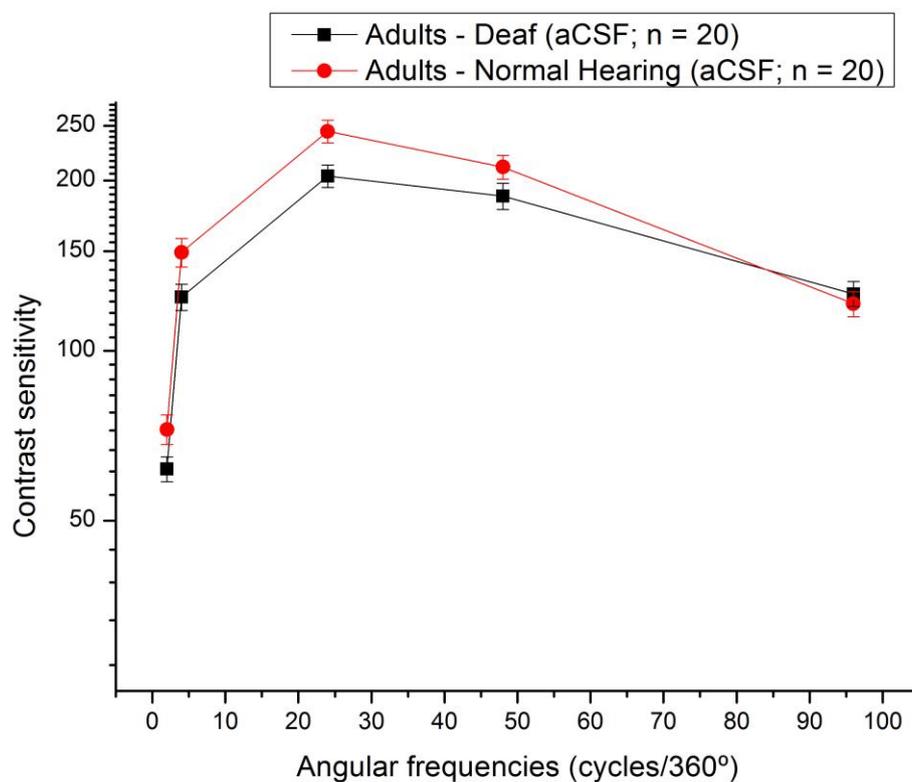


Figure 3. Contrast Sensitivity Functions of participants with deafness, and participants with normal hearing for the angular frequency stimulus at frequencies of 2, 4, 24, 48 and 96 cycles/360°. The error bars are standard errors of the mean.

## Discussion

The aim of this study was to compare the visual perception of contrast between deaf and normal hearing adults to assess whether early deafness alters visual perception. Literature shows heterogeneous and conflicting results (Bavelier & Neville, 2002; Bosworth & Dobkins, 2002a, b; Dye *et al.*, 2007; Dye *et al.*, 2009, Hauser *et al.* 2007; Heming & Brown, 2005, Nava *et al.* 2008; Neville & Lawson, 1987; Parasnis *et al.* 2003; Proksch & Bavelier, 2002).

This study measured the CSF for vertical sine-wave gratings, and the aCSF for angular frequency stimuli. The human visual system is at least twice more sensitive to angular frequencies than to sine-wave gratings (Campbell & Robson, 1968; Simas *et al.*, 1997). This may be expected because the CSF shows contrast levels for only one orientation (e.g. vertical), but the aCSF reflects the visual processing of all orientations (Figure 1).

Our purpose was also to assess possible changes in routes or areas that process sine-wave gratings (e.g., V1), and angular frequency stimuli (e.g., V4 and infero-temporal cortex) (De Valois & De Valois, 1990, Gallant *et al.*, 1996; Wilkinson *et al.*, 1998; Wilson *et al.*, 1997). Studies relating deafness to the visual processing of sine-wave gratings are scarce, but there is at least one reported (Finney & Dobkins, 2001). In this context, there are no reports on sensitivity to angular frequency stimuli.

Our results revealed that contrasts sensitivities observed for the aCSF of deaf volunteers are lower than those obtained for normal hearing adults for almost every angular frequency stimuli of 2, 4, 24 and 48 cycles/360° ( $p < 0.001$ ), and sine-wave gratings of 0.5, 2.5, 4, 20 cpd ( $p < 0.001$ ).

These findings do not support the studies of sensory processing (Bavelier *et al.* 2006; Bross, 1979; Bross & Sauerwein, 1980), including the only work we found so far that used the CSF (Finney & Dobkins, 2001). That study showed no changes in the visual perception of deaf volunteers. However, we cannot make direct comparisons with these studies, due to

many differences in the procedures. For example, Finney and Dobkins (2001) used different combinations of spatial and temporal frequencies with sine-wave gratings with horizontal movement. Also, it used mean luminance of  $28 \text{ cd/m}^2$ , almost half that of the present study ( $41 \text{ cd/m}^2$ ). The CSF varies with both luminance level and retinal location (De Valois & De Valois, 1990).

Common sense belief that skill or performance of other senses may compensate sensory loss is still controversial. There is no support in the literature to confirm this concept. Enhanced performance has been reported related to more complex and cognitively demanding tasks, such as processing of the visual periphery or motion processing, where attention can play its role (Bavelier *et al.*, 2006; Proksch & Bavelier, 2002). On the other hand, according to Mitchell e Maslin (2007), deaf people do not see better than hearing. This is because visual acuity and visual thresholds seem to be not affected by auditory deprivation (Brozinsky & Bavelier, 2004; Finney & Dobkins, 2001). Bross (1979) argues that the enhancement found in deaf individuals might be associated with changes in nonsensory variables, such as attentional factors, motivational states, greater alertness, stimulus expectancies rather than compensation on sensory basis.

One hypothesis found in the literature that may explain our results is related to the deficiency hypothesis. This hypothesis suggests that sensory systems complement each other, and function optimally when all systems are intact (Dye *et al.*, 2008; Tharpe *et al.*, 2008). Thus, a deficit in one of the sensory systems, such as the auditory, might affect the function of another sensory system, such as vision.

Audition and vision complement each other in important ways. In the daily environment, both auditory and visual information are used in the control of behavior. Auditory information can facilitate the pickup of visual information and maintain activation of visual stimuli in memory. And, the presentation of auditory stimuli in consonance with

visual stimuli appears to intensify visual orientation (Erden *et al.*, 2004; Lomber *et al.*, 2010). So, evaluation of visual perception is very important in this kind of sensory loss.

Most studies reporting deficient functions typically include deaf subjects from heterogeneous backgrounds and, studies documenting enhanced functions have focused exclusively on very small subsamples of the deaf population, known as deaf native signers. These individuals are born deaf from deaf parents; they are profoundly deaf. Study of this population represents only about 5% of the total deaf population (Bavelier *et al.*, 2006; Rettenbach *et al.*, 1999).

The present study involved deaf volunteers from similar backgrounds. In order to obtain an homogenous sample, the selection of deaf subjects used some restricted criteria: presenting congenital or acquired deafness by up to three years old (pre-language deafness, i.e., before the person have mastered the language); presenting sensorineural hearing loss (when there is damage to the inner ear, or to the nerve pathways from the inner ear to the brain) (American Speech-Language-Hearing Association, 2011); presenting severe hearing loss and/or profound, in both ears (greater than 71 dB). Subjects with neurological or ophthalmological disorders, and cochlear implants were excluded from data analysis.

Hearing loss can range in severity from slight to profound. Especially in profound hearing loss, speech and language will be resistant to spontaneous development and deteriorates in pre-language loss (Erden *et al.*, 2004). In the present study, volunteers had similar levels of sign language comprehension and they all had pre-language hearing loss and hearing parents.

In sum, not all aspects of vision are modified or improved due to deafness. Our study showed lower contrast sensitivity to angular frequency stimuli and to sine-wave gratings in deaf volunteers as compared to those with normal hearing. Since these patterns are processed by distinct mechanisms and visual areas (De Valois & De Valois, 1990, Gallant *et al.*, 1996;

Wilkinson *et al.*, 1998; Wilson *et al.*, 1997), the analysis of the Contrast Sensitivity Functions for these two classes of stimuli allowed a more extensive investigation of the effects of deafness on visual processing of contrast.

Finally, sensory integrative processes appear to be essential for normal development of each modality, and the deprivation of one sense may result in deficiencies of other senses. In other words, hearing loss may be associated with lower visual perception performance. Our results also point to the need for new research, including other conditions, to expand the discussion on the assessment of the visual system after hearing deprivation.

### **Acknowledgments**

This work was supported by Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE). We thank Marine Raquel Diniz da Rosa by the screening of the hearing volunteers, and Maria Gerlane Lima Moreira for assistance with the deaf volunteers' recruitment.

### **Abbreviations**

Contrast Sensitivity Function (CSF)

Contrast Sensitivity Function to Sine-wave Grating (CSF)

Contrast Sensitivity Function to Angular Frequencies (aCSF)

## References

American Speech-Language-Hearing Association (2011) Information for the Public. Hearing and Balance. Types of Hearing Loss. Sensorineural Hearing Loss. Available from: <http://www.asha.org/public/hearing/Sensorineural-Hearing-Loss/>.

Bavelier, D., Dye, M. W. G. & Hauser, P. C. (2006) Do deaf individuals see better? *Trends Cogn. Sci.*, **10**(9), 391-430.

Bavelier, D. & Neville, H. J. (2002) Cross-modal plasticity: where and how? *Neuroscience*, **3**, 443-452.

Bosworth, R. G. & Dobkins, K. R. (2002a) Visual field asymmetries for motion processing in deaf and hearing signers. *Brain Cogn.*, **49**(1), 170-181.

Bosworth, R. G. & Dobkins, K. R. (2002b) The effects of spatial attention on motion processing in deaf signers, hearing signers and hearing nonsigners. *Brain Cogn.*, **49**(1), 152-169.

Brozinsky, C. J. & Bavelier, D. (2004) Motion velocity thresholds in deaf signers: changes in lateralization but not in overall sensitivity. *Cogn. Brain Res.*, **21**, 1-10.

Bross, M. (1979) Residual sensory capacities of the deaf: A signal detection analysis of a visual discrimination task. *Percept. Mot. Skills*, **48**, 187-194.

Bross, M. & Sauerwein, H. (1980) Signal detection analysis of visual flicker in deaf and hearing individuals. *Percept. Mot. Skills*, **51**, 839-843

Campbell, E. W. & Robson, F. G. (1968) Application of the Fourier analysis to the visibility of gratings. *J. Physiol.*, **197**, 551-566.

Conselho Federal de Fonoaudiologia (2009) Audiometria Tonal, Logaudiometria e Medidas de Imitância Acústica: Orientações dos Conselhos de Fonoaudiologia para o Laudo Audiológico. Available from: [http://www.fonoaudiologia.org.br/paginas\\_internas/guias Manuais.asp](http://www.fonoaudiologia.org.br/paginas_internas/guias_Manuais.asp).

De Valois, R. L. & De Valois, K. K. (1990) *Spatial Vision*, 2th ed. New York, Oxford University Press.

Dye, M. W. G., Baril, D. E. & Bavelier, D. (2007) Which aspects of visual attention are changed by deafness? The case of the Attentional Network Test. *Neuropsychologia*, **45**(8), 1801-1811.

Dye, M. W.G., Hauser, P. C. & Bavelier, D. (2008) Visual skills and cross-modal plasticity in deaf readers: possible implications for acquiring meaning from print. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **1145**, 71-82.

Dye, M. W. G., Hauser P. C. & Bavelier D. (2009) Is visual selective attention in deaf individuals enhanced or deficient? The case of the useful field of view. *PLoS ONE*, **4**(5), e5640- e5647.

Erden, Z., Otman, S. & Tunay, V. B. (2004) Is visual perception of hearing-impaired children different from healthy children? *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, **68**, 281-285.

Finney, E. M. & Dobkins, K. R. (2001) Visual contrast sensitivity in deaf versus hearing populations: exploring the perceptual consequences of auditory deprivation and experience with a visual language. *Cogn. Brain Res.*, **11**(1), 171-183.

Gallant, J. L., Braun, J. & Van Essen, D. C. (1993) Selectivity for polar, hyperbolic, and Cartesian gratings in macaque visual cortex. *Science*, **259**, 100-103.

Gallant, J. L., Connor, C. E., Rakshit, S., Lewis, J. W. & Van Essen, D. C. (1996) Neural responses to polar, hyperbolic, and Cartesian gratings in area V4 of the macaque monkey. *J. Neurophysiol.*, **76**, 2718-2739.

Hauser, P. C., Dye, M. W. G., Boutla, M., Green, C. S. & Bavelier, D. (2007) Deafness and visual enumeration: Not all aspects of attention are modified by deafness. *Brain Res.*, **1153**, 178-187.

Heming, J. E. & Brown, L. N. (2005) Sensory temporal processing in adults with early hearing loss. *Brain Cogn.*, **59**, 173-182.

Hubel, D. H. & Wiesel, T. N. (1968) Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. *J. Physiol.*, **195**, 215-243.

Kobatake, E. & Tanaka, K. (1994) Neuronal selectivities to complex object features in the ventral visual pathway of macaque cerebral cortex. *J. Neurophysiol.*, **71**, 856-867.

Lomber, S. G. M., Meredith, A. & Kral, A. (2010) Cross-modal plasticity in specific auditory cortices underlies visual compensations in the deaf. *Nat. Neurosci.*, **13**(11), 1421-1430.

Mitchell, T. V. & Maslin, M. T. (2007) How vision matters for individuals with hearing loss. *Int. J. Audiol.*, **46**, 500-511.

Nava, E., Bottari, D., Zampini, M. & Pavani, F. (2008) Visual temporal order judgment in profoundly deaf individuals. *Exp. Brain Res.*, **190**, 179-188.

Neville, H. J. & Lawson, D. (1987) Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task: An event-related potential and behavioral study. II. Congenitally deaf adults. *Brain Res.*, **405**(2), 268-283.

Netelenbos, J. B. & Savelsbergh, G. J. P. (2003) Children's search for targets located within and beyond the field of view: effects of deafness and age. *Perception*, **32**(4), 485-497.

Parasnis I., Samar, V. J. & Berent, G. P. (2003) Deaf adults without attention deficit hyperactivity disorder display reduced perceptual sensitivity and elevated impulsivity on the Test of Variables of Attention (T.O.V.A.). *J. Speech Lang. Hear. Res.*, **46**, 1166-1183.

Proksch, J. & Bavelier, D. (2002) Changes in the spatial distribution of visual attention after early deafness. *J. Cogn. Neurosci.*, **14**(5), 687-701.

Rettenbach, R., Diller, G. & Sireteanu, R. (1999) Do deaf people see better? Texture segmentation and visual search compensate in adult but not in juvenile subjects. *J. Cogn. Neurosci.*, **11**(5), 560-575.

Schwartz, S. H. (2004) *Visual Perception: A Clinical Orientation*, 3th ed. New York, McGraw Hill.

Simas, M. L. B. (1985) *Linearity and domain invariance in the visual system*. Doctoral thesis, Queen's University at Kingston, Ontario, Canada. University Microfilms International, Ann Arbor, MI.

Simas, M. L. B. & Dodwell, P. C. (1990) Angular frequency filtering: a basis for pattern decomposition. *Spat. Vis.*, **5**, 59-74.

Simas, M. L. B., Santos, N. A. & Thiers, F. A. (1997) Contrast sensitivity to angular frequency stimuli is higher than that for sine-wave gratings in respective middle range. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, **30**, 633-636.

Tanaka, K., Fukada, Y. & Saito, H. A. (1989) Underlying mechanisms of the response specificity of expansion/contraction and rotation cells in the dorsal part of the medial superior temporal area of the macaque monkey. *J. Neurophysiol.*, **62**, 642-656.

Tharpe, A. M., Ashmead, D., Sladen, D. P., Ryan, H. A. M. & Rothpletz, A. M. (2008) Visual attention and hearing loss: past and current perspectives. *J. Am. Acad. Audiol.*, **19**(10), 741-747.

Tootell, R. B., Hadjikhani, N. K., Vanduffel, W., Liu A. K., Mendola, J. D., Sereno, M. I. & Dale, A. M. (1998) Functional analysis of primary visual cortex (V1) in humans. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **95**, 811-817.

Wetherill, G. B. & Levitt, H. (1965) Sequential estimation of points on a psychometric function. *Br. J. Math. Stat. Psychol.*, **48**, 1-10.

Wilkinson, F., Wilson, H. R. & Habak, C. (1998) Detection and recognition of radial frequency patterns. *Vis. Res.*, **38**, 3555-3568.

Wilson, H. R., Wilkinson, F. & Asaad, W. (1997) Concentric orientation summation in human form vision. *Vis. Res.*, **37**(17), 2325-2330.

**5.2 Estudo 2 – Artigo Original: Contrast Sensitivity of Adults with Deafness related to Congenital Rubella**

**CONTRAST SENSITIVITY OF ADULTS WITH DEAFNESS RELATED TO  
CONGENITAL RUBELLA**

**CONTRAST SENSITIVITY AND DEAFNESS RELATED TO RUBELLA**

**Authors:** Liana Chaves Mendes-Santos; Melyssa Kellyane Cavalcanti Galdino; Jákina Guimarães Vieira; Natanael Antônio dos Santos; Maria Lúcia de Bustamante Simas

**Institute:** Federal University of Pernambuco, Recife, PE, Brazil

**Adress:**

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas

Departamento de Psicologia - Laboratório de Percepção Visual (LabVis)

Av. Prof. Moraes Rego, 1235, B. Cidade Universitária

50740-900 Recife, PE - Brasil

Phone and Fax Numbers: 55 81 3441-7547 / 55 81 2126-8270

E-mail address: liana\_chaves@hotmail.com

**Abstract**

This study investigated the consequences of deafness possibly caused by Congenital Rubella Syndrome (CRS) on visual contrast sensitivity. We measured the Contrast Sensitivity Functions for sine-wave gratings (CSF), and for angular frequency stimuli (aCSF) of adults with hearing loss related to CRS; hearing loss related to other factors, and normal hearing volunteers. We used a forced-choice paradigm with static visual stimuli. Results showed no differences between the CSF and aCSF of adults with hearing loss related to CRS and those whose deafness is related to other factors. We found differences when the CRS group or the other deaf group were both compared to normal hearing people. We concluded that CRS and deafness, regardless of its etiology, seem to have the same effects on contrast perception.

**Key words:** deafness; Congenital Rubella Syndrome; contrast sensitivity function; spatial frequency; angular frequency.

## **Introduction**

Researchers have questioned how the loss of one sensory modality affects another modality. For some time, it was believed that the senses were independent. Now we know they are interdependent [Mitchell and Maslin, 2007]. The existence of connections between the auditory and visual cortices in early childhood has been proved. And this could determine at which developmental stage auditory deprivation could result in changes in the visual system organization [Neville, 1995].

As vision becomes of great importance to the deaf person in exploring the world around him, including the development of effective communication skills through sign language, any modification occurring in visual perception may have a negative impact on these processes [Nikolopoulos et al., 2006]. A condition that can compromise the auditory and visual perception is the Congenital Rubella Syndrome (CRS) [Bar-Oz et al., 1999; Dias and Mitre, 2009; Lanzieri et al., 2004].

CRS happens as a result of maternal rubella infection during the first trimester of pregnancy, when organogenesis is in course [Lambert, 2007]. It has been estimated to happen in 20% to 35% of infants born of women who acquired rubella during this period of pregnancy [Centers for Disease Control and Prevention of U.S.A. Government, 1998].

The rubella virus infects the placenta, transmits to the fetus, and disseminates to multiple organs and tissues. It has an effect known as cytolitic, with the ability to inhibit the growth and maturation of cells. This effect can cause heart problems, deafness, blindness and mental retardation [Banatvala and Brown, 2004; Dias and Mitre, 2009; Lanzieri et al., 2004]. The consequences of the virus to the fetus depend on the timing of their infection because, the more precocious, the greater the damage caused. When the fetus is infected during the first 10 weeks of gestation, there is a 100% chance of cardiac defects or deafness. If the fetus is

infected between 13 and 16 weeks gestation, the chance of deafness is 33% [Bar-Oz et al., 1999].

In order to verify if the perception of visual contrast is altered in people with deafness related to the rubella virus, this study measured and compared the Contrast Sensitivity Functions for sine-wave gratings (CSF) and angular frequency stimuli (aCSF) of adults affected by CRS, adults with hearing loss related to other factors, and adults with normal hearing. As far as we know, there are no studies on that matter.

## Methods

### Participants

The study included 30 volunteers between 18 and 37 years old, 10 with congenital deafness related to CRS (mean age = 23 years, standard deviation = 5.8); 10 with deafness related to other factors (mean age = 26 years, standard deviation = 5.5), and 10 with normal hearing (mean age = 27 years, SD = 4.8). The participants were healthy, had normal visual acuity with, or without, correction (6/6), and normal color perception.

Of the 10 volunteers with deafness related to other factors, two are of unknown cause; three are related to ingestion of antibiotics; three related to meningitis; one to an accident; and one due to complications during birth. All deaf adults knew LIBRAS (Brazilian Sign Language), had acquired deafness until the age of five years, and had bilateral sensorineural severe and/or profound hearing loss. Deafness is defined as severe audition loss of 71 to 90 dB HL, and profound deafness as hearing loss of > 91 dB HL, according to the classification system of the Federal Council of Speech Therapy in Brazil [Conselho Federal de Fonoaudiologia, 2009].

Participants in the normal hearing group had to pass a screening test, under the criteria of auditory losses lesser than 25 dB HL [Conselho Federal de Fonoaudiologia, 2009], in a soundproof booth, with the audiometer AD 229B (Interacoustics, Assens, Denmark).

In accordance with the Resolution 196/96 of the National Health Council, which deals with standards and guidelines for research involving humans, informed consent was obtained from all participants. This study was approved by the Ethics Committee in Research of the Center for Health Sciences at this University (Protocol 010/08).

## Materials and Visual Stimuli

A program in C++ language, developed in our laboratory, generated and presented the stimuli on a 19-inches video monitor LG, connected to digital-to-analog converter – Bits++ (Cambridge Research Systems, Cambridge, United Kingdom). The Color-CAL photometer (Cambridge Research Systems) was used for measuring the mean luminance of the screen, and to perform the gamma correction on the monitor. We also used a mouse, for the participant's responses to stimuli, and a chin-rest, to ensure a comfortable viewing position for the participant while maintaining fixation at the monitor display.

Measurements were made using pairs of stimuli consisting of either sine-wave gratings for spatial frequencies of 0.5, 2.5, 4, and 10 cpd (cycles per degree of visual angle), or angular frequency stimuli with frequencies of 2, 4, 24, and 48 cycles/360°. The comparison stimulus was a neutral gray circle at mean luminance. Figure 1 shows examples of stimuli of sine-wave grating, angular frequency, and neutral gray.

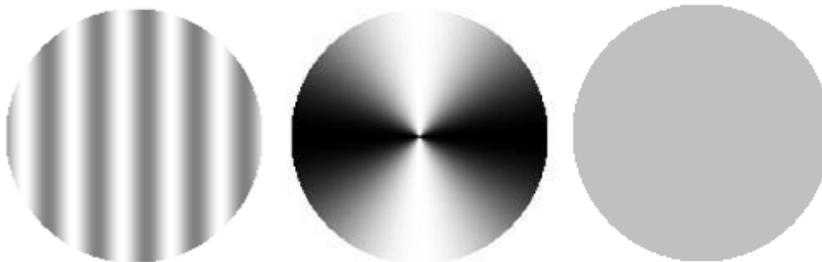


Figure 1. Examples of visual stimuli: sine-wave grating, angular frequency, and neutral gray stimulus, respectively.

The visual stimuli used in the experiments were static, achromatic and presented in the center of the monitor screen with a diameter of 4.69 degrees of visual angle, at a distance of 300 cm from the monitor display. In all experiments, the mean luminance was 41 cd/m<sup>2</sup>. Each

frequency was estimated twice, on different days. The order of frequency of measurement was random.

## **Procedure**

Initially, an interview was conducted with the participants. Then, the visual acuity was measured using the Rasquin chart of “E” optotypes, and color perception with Ishihara test. The procedure for each experimental condition involved a choice, by observer, of the sine-wave grating vs the neutral gray stimulus, or the angular frequency stimulus vs the neutral gray stimulus. Only the contrast of the test sine-wave grating or the test angular frequency stimulus were either increased or decreased, according to the forced-choice paradigm [Wetherill and Levitt, 1965]. The background for all images of the pair (test stimulus and neutral stimulus) was constant.

Volunteers had to respond at the end of the presentation of both stimuli. The instructions were: “You will see a sequence of pairs of stimuli, one with white and dark stripes, and the other one completely gray. You should always choose the stimulus containing the stripes, pressing the left button or number 1 of the mouse when the stimulus with stripes is presented first; and the right button or number 2, when it is presented in second place after the gray stimulus”. The mouse was marked with the numbers “1” (left button), and “2” (right button). The deaf participants were instructed in LIBRAS (Brazilian Sign Language).

The order of stimulus presentation was random. Each stimulus was presented by 2 s, with an interval of 1 s between them. The intervals between trials were 3 s after each response by the volunteer, and there were no time limits for the responses. The test stimulus contrast had an initial contrast set at supra-threshold levels. The experiment only started after the

participants learned the task. The criterion was three consecutive correct responses to reduce contrast by one unit, and an error to increase contrast by the same unit (20%).

All measurements were binocular and with the natural pupil.

## Results

After each experimental session, the program generated a file with the contrast threshold levels of the maxima and minima obtained for each test stimulus. The resulting grand mean were used as estimates of the CSF for the selected ranges of spatial frequencies. Twenty CSF and 20 aCSF estimates were obtained for each group of participants, totaling 60 measured response functions.

### *Sine-wave Grating Stimuli*

Figure 2 shows the Contrast Sensitivity Function of volunteers with deafness related to CRS; with deafness related to other factors; and with normal hearing for sine-wave gratings of spatial frequencies of 0.5, 2.5, 4 and 10 cpd. These functions have similar profiles, with maximum sensitivity at 4 cpd.

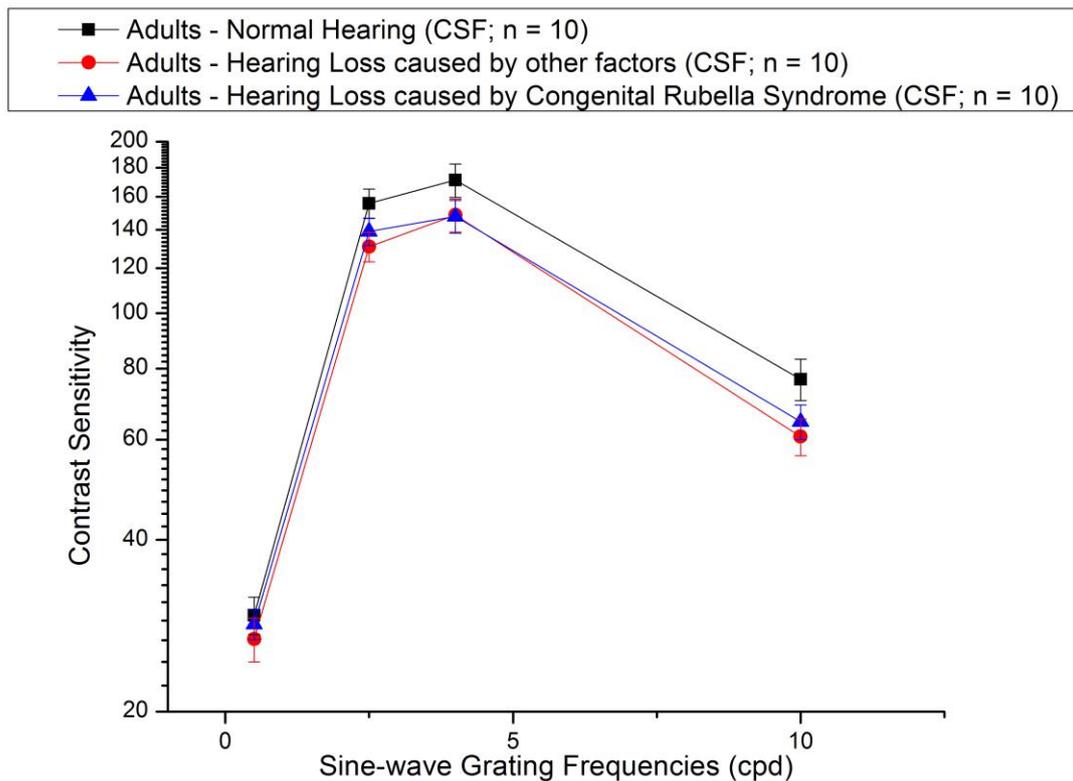


Figure 2. Contrast Sensitivity Functions for sine-wave gratings at spatial frequencies of 0.5, 2.5, 4 and 10 cpd. The CSFs are shown for volunteers with normal hearing (square); with deafness related to other factors (circle); and with deafness related to CRS (triangle). Error bars are the standard error of the mean for each frequency.

Contrast sensitivities of volunteers with deafness related to CRS were equivalent to that of volunteers with deafness not related to CRS. Statistical analyses using the *t*-Student test for independent groups showed no significant differences for the tested spatial frequencies ( $p > 0.05$ ) between the two groups. But, the same *t*-Student test showed significant differences between people with deafness related to CRS and people with normal hearing at spatial frequencies of 2.5 cpd [ $t(398) = -3.58, p < 0.05$ ], 4 cpd [ $t(398) = -4.06, p < 0.05$ ] and 10 cpd [ $t(398) = -3.97, p < 0.05$ ]. No significant differences were found at 0.5 cpd ( $p > 0.05$ ). Furthermore, people with deafness caused by other factors needed more contrast than people with normal hearing at spatial frequencies of 0.5; 2.5; 4, and 10 cpd. Significant

differences between these groups were found for all tested spatial frequencies, that is, 0.5 cpd [ $t(398) = -2.15$ ;  $p < 0.05$ ]; 2.5 cpd [ $t(398) = -5.34$ ;  $p < 0.05$ ], 4 cpd [ $t(398) = -3.89$ ;  $p < 0.05$ ] and 10 cpd [ $t(398) = -5.22$ ;  $p < 0.05$ ].

### *Angular Frequency Stimuli*

Figure 3 shows the Contrast Sensitivity Functions of the volunteers with deafness related to CRS; with deafness related to other factors; and with normal hearing for angular frequency stimuli of 2, 4, 24 and 48 cycles/360°. The three functions show similar profiles with maximum sensitivity at 24 cycles/360°.

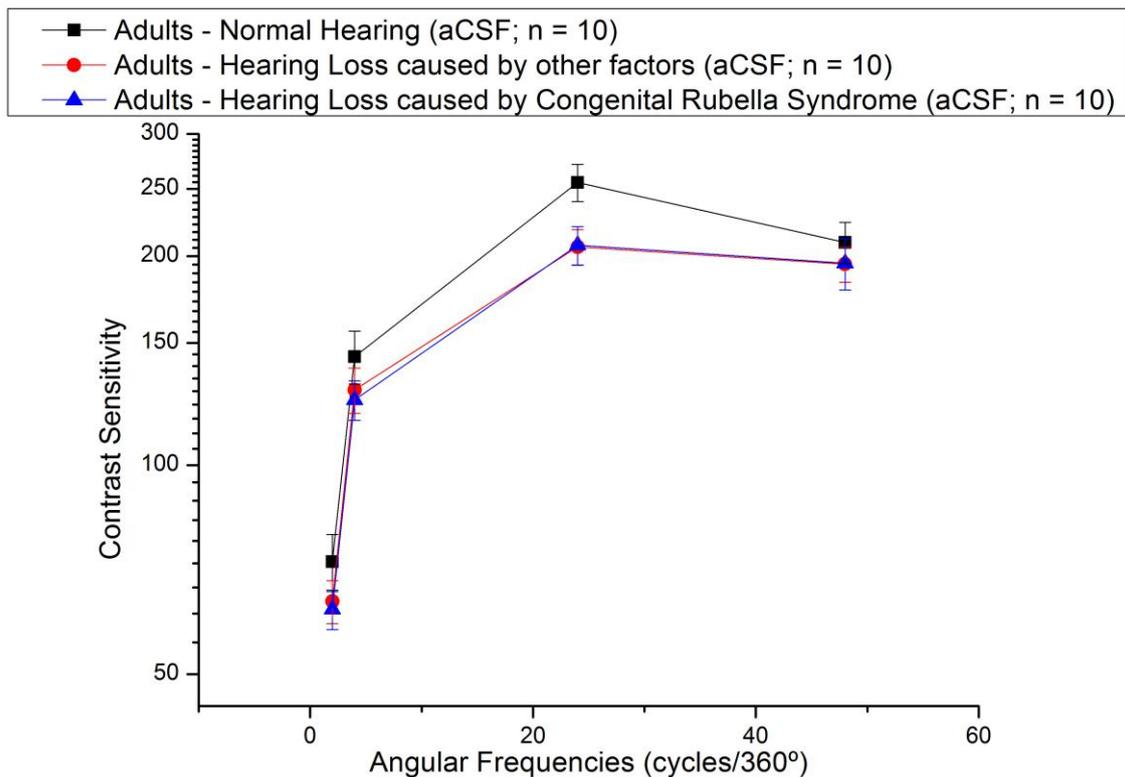


Figure 3. Contrast Sensitivity Functions of volunteers with normal hearing (square); with deafness caused by other factors (circle), and with deafness caused by CRS (triangle) are shown for the angular frequency stimuli of 2, 4, 24 and 48 cycles/360°. The error bars represent standard error of the mean.

Results for the sensitivity to angular frequency stimuli were similar to those for the sine-wave gratings. There were no differences between volunteers with deafness related to CRS and volunteers with deafness not related to CRS. When volunteers with deafness related to CRS were compared to the normal hearing group, the *t*-Student test for independent groups showed significant differences at angular frequencies of 2 [ $t(398) = -3.42, p < 0.05$ ], 4 [ $t(398) = -3.28, p < 0.05$ ] and 24 cycles/360° [ $t(398) = -6.03, p < 0.05$ ]. No differences were found at 48 cycles/360° ( $p > 0.05$ ).

Again, the group with deafness related to other factors needed more contrast than the normal hearing group to perceive angular frequencies of 2, 4, 24 and 48 cycles/360°. The *t*-Student test for independent groups showed significant differences between these groups at angular frequencies of 2 [ $t(398) = -2.81, p < 0.05$ ], 4 [ $t(398) = -2.42, p < 0.05$ ], 24 [ $t(398) = -6.41, p < 0.05$ ] and 48 cycles/360° [ $t(398) = -2.05, p < 0.05$ ].

## Discussion

Among the most common sequelae of CRS besides the deafness are changes in the visual system [Banatvala and Brown, 2004; Lanzieri et al., 2004]. Among these, in the majority of the cases, it causes congenital cataracts [Cutts et al., 1997, Giri et al., 2011]; in some cases, retinopathy, microphthalmos, and rarely, complications include glaucoma [Bar-Oz et al., 1999; Zambonato et al., 2006].

In this perspective, a congenital deafness caused by CRS could cause further changes in vision, because it affects the developing fetus considering the connections between the auditory and the visual cortex during the early in life [Neville, 1995]. These connections have been demonstrated in the auditory cortex of deaf animals during childhood and adulthood [Catalano and Schatz, 1998; Falchier et al., 2002] and appear to remain in the auditory cortex of the adult deaf, which is demonstrated by studies with fMRI and MEG [Fine et al., 2005; Finney et al., 2003; Finney et al., 2001].

Besides the absence of studies demonstrating changes in contrast sensitivity of subjects affected by CRS, no work compared sensitivity to contrast in hearing and deaf with different etiologies for two elementary stimuli, i.e. sine-wave grating and angular frequency stimuli. These are believed to be processed in different areas of the visual cortex [De Valois and De Valois, 1990; Gallant et al., 1993; Gallant et al., 1996; Wilkinson et al., 2000].

In this study, we compared the CSF of adults with hearing loss caused by CRS with deaf adults due to other factors, and adults with normal hearing to visual stimuli consisting of sine-wave gratings (CSF) and angular frequencies (aCSF). The results showed no difference in the perception of contrast when the deaf groups were compared between themselves.

However these findings reveal differences when the visual perception of participants with deafness caused by CRS and with deafness caused by other factors were compared to normal hearing subjects.

Volunteers in the control group performed better than the participants with deafness caused by CRS at spatial frequencies of 2.5, 4 and 10 cpd, and angular frequencies of 2, 4, and 24 cycles/360°. Likewise, volunteers in the control group perceived better than subjects with hearing loss caused by other factors at spatial frequencies of 0.5, 2.5, 4 and 10 cpd, and angular frequencies of 2, 4, 24, and 48 cycles/360°. Visual deficiency in contrast sensitivity was found in almost all spatial frequencies for deaf adults, with both classes of stimulus tested.

Our results do not support some studies that found no sensory changes in deaf as compared to hearing people [Bavelier et al., 2006; Erden et al., 2004; Stivalet et al., 1998], neither did the only research we found in the literature that measured the contrast sensitivity function [Finney and Dobkins, 2001]. That study found no differences between deaf and hearing participants, including the hearings (descendants of the deaf) who knew sign language fluently. But that work can not be directly compared with ours due to methodological and experimental differences.

One possible explanation for our findings is the deficiency hypothesis. This hypothesis states that integration of information from the different senses is an essential component to the development of normal function of each individual sensory system [Dye et al., 2008; Tharpe et al., 2008]. Then, in the case of a deaf child, the lack of audition may impair the development of multisensory integration, and therefore the development of typical visual skills.

In summary, although some studies report ocular injuries from CRS [Bar-Oz et al., 1999; Cutts et al., 1997; Giri et al., 2011; Zambonato et al., 2006], this paper found no

difference between the contrast sensitivity of people with hearing loss caused by the CRS and deaf due to other factors. Differences were found when the CRS group was compared to people with normal hearing. In other words, CRS does not seem to change the visual perception of contrast differently than deafness due to other causes. This is believed to be the result of faulty use of both the visual and auditive sensory systems working together [Getz and Vernon, 1993; Savelsberg and Netelenbos, 1991]. This study points to the importance of developing further research to discuss other possible changes in visual perception associated with deafness.

## References

Bar-Oz B, Ford-Jones L, Koren G: Congenital rubella syndrome: how can we do better? *Can Fam Physician* 1999; 45:1865-1867.

Banatvala JE, Brown DW. Rubella. *The Lancet* 2004; 363: 1127-1137.

Bavelier D, Dye MWG, Hauser PC: Do deaf individuals see better? *Trends Cogn Sci* 2006; 10(9): 391-430.

Catalano SM, Shatz CJ: Activity-dependent cortical target selection by thalamic axons. *Science* 1998; 281: 559–562.

Centers for Disease Control and Prevention of U.S.A. Government. [Internet]. Morbidity and Mortality Weekly Report. Recommendations and Reports. Measles, mumps, and rubella – vaccine use and strategies for elimination of measles, rubella, and congenital rubella syndrome and control of mumps: recommendation of the Advisory Committee on Immunization Practices (ACIP). 1998 - [cited 2011 Nov 24]. Available from: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00053391.htm>.

Conselho Federal de Fonoaudiologia. [Internet]. Audiometria Tonal, Logaudiometria e Medidas de Imitação Acústica: Orientações dos Conselhos de Fonoaudiologia para o Laudo Audiológico. 2009 - [cited 2011 Jul 21]. Available from: [http://www.fonoaudiologia.org.br/paginas\\_internas/guiasManuais.asp](http://www.fonoaudiologia.org.br/paginas_internas/guiasManuais.asp).

Cutts FT, Robertson SE, Diaz-Ortega JL, Samuel R: Control of rubella and congenital rubella syndrome (CRS) in developing countries, Part 1: Burden of disease from CRS. *Bull World Health Org* 1997; 75(1): 55-68.

De Valois RL, De Valois KK: *Spatial Vision*, ed 2. New York, Oxford University Press, 1990.

Dias ALPA, Mitre EI: A imunização contra a rubéola no primeiro trimestre de gestação pode levar à perda auditiva? *Rev CEFAC* 2009; 11(1): 12-17.

Dye MWG, Hauser PC, Bavelier D: Visual skills and cross-modal plasticity in deaf readers: possible implications for acquiring meaning from print. *Ann N Y Acad Sci* 2008; 1145: 71-82.

Erden Z, Otman S, Tunay VB: Is visual perception of hearing-impaired children different from healthy children? *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2004; 68: 281-285.

Falchier A, Clavagnier S, Barone P, Kennedy H: Anatomical evidence of multimodal integration in primate striate cortex. *J Neurosci* 2002; 22: 5749-5759.

Fine I, Finney EM, Boynton GM, Dobkins KR: Comparing the effects of auditory deprivation and sign language within the auditory and visual cortex. *J Cogn Neurosci* 2005; 17(10): 1621-1637.

Finney EM, Clementz BA, Hickok G, Dobkins KR. Visual stimuli activate auditory cortex in deaf subjects: evidence from MEG. *Neuroreport* 2003; 14(11): 1425-7.

Finney EM, Dobkins KR: Visual contrast sensitivity in deaf versus hearing populations: Exploring the perceptual consequences of auditory deprivation and experience with a visual language. *Cogn Brain Res* 2001; 11(1): 171-183.

Finney EM, Fine I, Dobkins KR: Visual stimuli activate auditory cortex in the deaf. *Nat Neurosci* 2001; 4(12): 1171-1173.

Gallant JL, Braun J, Van Essen DC: Selectivity for polar, hyperbolic, and Cartesian gratings in macaque visual cortex. *Science* 1993; 259: 100-103.

Gallant JL, Connor CE, Rakshit S, Lewis JW, Van Essen DC: Neural responses to polar, hyperbolic, and Cartesian gratings in area V4 of the macaque monkey. *J Neurophysiol* 1996; 76: 2718-2739.

Getz MS, Vernon MC: Visual motor perception in deaf students. *J Am Deafness and Rehabilitation Assoc* 1993; 26(4): 37-42.

Giri BR, Namgyal P, Tshering K, Sharma K, Dorji T, Tamang C: Mass measles rubella immunization campaign: bhutan experience. *Indian J Community Med* 2011; 36(2):109-113.

Lambert SR: Congenital rubella syndrome: the end is in sight. *Br J Ophthalmol* 2007; 91(11): 1418-1419.

Lanzieri TM, Parise MS, Siqueira MM, Fortaleza BM, Segatto TC, Prevots DR: Incidence, clinical features and estimated costs of congenital rubella syndrome after a large rubella outbreak in Recife, Brazil, 1999-2000. *Pediatr Infect Dis J* 2004; 23: 1116-1122.

Mitchell TV, Maslin MT: How vision matters for individuals with hearing loss. *Int J Audiol* 2007; 46: 500-511.

Neville HJ: Developmental specificity in neurocognitive development in humans; in Gazzaniga M (ed): *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge, MA, MIT Press, 1995, pp 219-231.

Nikolopoulos TP, Lioumi D, Stamatakis S, O'Donoghue GM: Evidence-based overview of ophthalmic disorders in deaf children: a literature update. *Otol Neurotol* 2006; 27:S1-S24.

Savelsberg GJP, Netelenbos JB, Whiting HTA: Auditory perception and the control of spatially coordinated action of deaf and hearing children. *J Child Psychol Psychiatr* 1991; 32(3): 489-500.

Stivalet P, Moreno Y, Richard J, Barraud P, Raphael C: Differences in visual search tasks between congenitally deaf and normally hearing adults. *Cogn Brain Res* 1998; 6(3): 227-232.

Tharpe AM, Ashmead D, Sladen DP, Ryan HAM, Rothpletz AM: Visual attention and hearing loss: past and current perspectives. *J Am Acad Audiol* 2008; 19(10): 741-747.

Wetherill GB, Levitt H: Sequential estimation of points on a psychometric function. *Br J Math Stat Psychol* 1965; 48: 1-10.

Wilkinson F, James TW, Wilson HR, Gati JS, Menon ES, Goodale MA: An fMRI study of the selective activation of human extrastriate form vision areas by radial and concentric gratings. *Current Biology* 2000; 10: 1455-1458.

Zambonato TCF, Bevilacqua MC, Amantini RCB: Síndrome da rubéola congênita relacionada ao período gestacional de aquisição da doença: características audiológicas. *Acta ORL* 2006; 24(4): 268-271.

## 6 DISCUSSÃO GERAL

A maior parte das impressões sobre o mundo e das memórias é baseada na informação visual. A visão é um sistema sensorial ainda mais importante para os indivíduos com surdez. Eles dependem da visão para se comunicar através da língua de sinais, adquirir conhecimentos e explorar o ambiente.

Estudos com pessoas surdas possibilitam uma oportunidade única para examinar as consequências neurais e perceptuais da privação de uma modalidade sensorial (BAVELIER; NEVILLE, 2002; FINNEY et al., 2003). Tanto as condições de surdez congênita (ARMSTRONG; NEVILLE; HILLYARD; MITCHELL, 2002; CHLUBNOVÁ; KREMLÁČEK; KUBOVÁ; KUBA, 2005; NEVILLE; LAWSON, 1987a) quanto a adquirida (SADATO et al., 2005; SAMAR; PARASNIS, 2005), como a privação auditiva experimental – tempo prolongado de privação auditiva (silêncio) (BROSS; ZUBEK, 1975; RIETVELT; SPIERING; ROTTEVEEL; VAN BEEST, 2004/2005) têm permitido a investigação da reorganização cortical e das consequências comportamentais em resposta às mudanças no ambiente sensorial.

A revisão sistemática da literatura realizada neste trabalho demonstrou que as pesquisas que avaliam a percepção visual das pessoas com perda auditiva apresentam resultados contraditórios, considerando os diferentes atributos visuais investigados. Todavia alterações em alguns aspectos da percepção visual foram confirmadas, as quais podem ser resultantes da privação da audição e/ou do uso da língua de sinais.

Neste sentido, o objetivo principal desta tese foi verificar se a surdez altera a percepção visual, especificamente a percepção de contraste. A função de sensibilidade ao contraste de adultos surdos e de adultos com audição normal da mesma faixa etária foi mensurada para grades senoidais e estímulos de frequência angular. Pode-se afirmar que os objetivos foram atingidos, e a hipótese inicial foi confirmada, pois os resultados demonstraram que há alteração na percepção visual das pessoas com surdez.

Os resultados do presente trabalho corroboram os encontrados em nossas pesquisas anteriores que compararam a FSC de crianças surdas e de crianças ouvintes (SANTOS; MENDES; ALVES, 2009; SANTOS; MENDES; FRANÇA; LACERDA, 2009). Mas todos estes achados contradizem os trabalhos que não encontraram alterações nas medidas de limiares visuais, como discriminação de brilho (BROSS, 1979), processamento temporal (BROSS; SAUERWEIN, 1980; POIZNER; TALLAL, 1987), direção e velocidade do

movimento (BROZINSKY; BAVELIER, 2004) e a única pesquisa encontrada na literatura até o momento que avaliou a percepção visual de contraste através da FSC (FINNEY; DOBKINS, 2001). Esta pesquisa não apresentou diferença entre os participantes ouvintes, os surdos e os ouvintes descendentes de surdos que eram fluentes na língua de sinais. Porém estes autores mediram a FSC de adultos para estímulos visuais de grades senoidais horizontais em movimento apresentados em um monitor com a luminância média de  $28 \text{ cd/m}^2$ , baixa em relação à do presente estudo ( $41 \text{ cd/m}^2$ ). Portanto, esta pesquisa não pode ser comparada diretamente com a presente tese porque as condições metodológicas e experimentais são diferentes. Além disso, a sensibilidade ao contraste varia de acordo com o nível de luminância e com a localização em que o estímulo é apresentado na retina (DE VALOIS; DE VALOIS, 1990).

Nossos resultados confirmam a hipótese da deficiência, a qual sugere que o funcionamento de todas as modalidades sensoriais é crítico para o desenvolvimento completo de cada modalidade. Assim, a privação auditiva poderia resultar em deficiências nos demais sentidos, como a visão (BROSS, 1979; PARASNIS, 1983; THARPE et al., 2008). A reorganização do córtex visual em resposta à surdez poderia enfraquecer a habilidade do sistema visual para processar as informações visuais mais básicas, como a forma e o contraste (FINE et al., 2005).

Outros fatores que também podem justificar os resultados encontrados, relacionados a hipótese da deficiência, incluem a proximidade física das vias visuais e auditivas no córtex (MACHADO, 2006) e as ligações entre elas. Zhang, Geng, Zhang, Li e Zhang (2006) demonstraram que estímulos auditivos ativavam o córtex visual de pessoas com audição normal, comprovando que a informação auditiva também seria processada no córtex visual. Estudos com primatas igualmente têm encontrado respostas auditivas e visuo-auditivas em V1, que são atribuídas a projeções do córtex auditivo (incluindo A1) para as áreas visuais primárias (FALCHIER; CLAVAGNIER; BARONE; KENNEDY, 2002; GHAZANFAR; SCHROEDER, 2006).

O processamento cortical é um complexo arranjo organizado que ainda não foi completamente desvendado pelas pesquisas, mas estes achados já mostram intrínsecas conexões entre as áreas visuais e auditivas. Desta forma, pode ser que a privação da audição tenha prejudicado o processamento visual de contraste.

Por outro lado, é consenso na literatura que as pessoas surdas apresentam melhor processamento visual de alvos movimentados ou não no campo visual periférico quando

comparadas às ouvintes, inclusive com técnicas eletrofisiológicas e de neuroimagem (BAVELIER et al., 2000; BAVELIER; NEVILLE, 2002; BOSWORTH; DOBKINS, 2002a,b; DYE et al., 2009; LOKE; SONG, 1991; NEVILLE; LAWSON, 1987a).

Em termos da adaptação ao ambiente, as pessoas com surdez parecem redistribuir a atenção visual para a periferia para compensar a ausência dos *feedbacks* auditivos fornecidos pelo ambiente, como o barulho de um veículo se aproximando ou o som de uma porta abrindo. Estas pessoas estão constantemente monitorando o campo visual periférico à espera de uma nova informação, e isto ocasiona uma grande dependência da visão periférica, enquanto as pessoas ouvintes monitoram o ambiente e as informações que surgem através da visão periférica e da audição (LOKE; SONG, 1991; NAVA; BOTTARI; ZAMPINI; PAVANI, 2008; PARASNIS; SAMAR, 1985).

Os trabalhos que confirmam a hipótese da compensação como consequência da surdez também explicam seus resultados baseados na integração multissensorial, que se refere ao processo pelo qual o cérebro sintetiza a informação de diferentes sentidos para aumentar a detecção e a identificação dos estímulos sensoriais externos (LOMBER; MEREDITH; KRAL, 2010; STEIN, 1998). A compensação pode estar mediada pelo aumento da ativação das áreas corticais multissensoriais. Um estudo com neuroimagem revelou o aumento da ativação da parte posterior do suco temporal superior – uma das principais áreas de integração multimodal – em indivíduos surdos quando expostos a estímulos visuais em movimento (BAVELIER et al., 2001).

Determinadas pesquisas afirmam ainda que a hipótese da compensação está relacionada aos aspectos da percepção processados nas áreas visuais corticais mais avançadas que dependem da experiência visual (BAVELIER; NEVILLE, 2002; FINE et al., 2005; HEMING; BROWN, 2005; THARPE et al., 2008).

### *Etiologia, Configuração e Prevalência da Perda Auditiva*

Muitos estudos que têm comparado a percepção visual de pessoas surdas e de pessoas ouvintes não têm controlado certas diferenças entre as etiologias, a idade de início e a configuração da perda auditiva. Algumas contradições encontradas geralmente são atribuídas aos critérios de amostragem utilizados (BAVELIER et al., 2006; RETTENBACH et al., 1999; STEVENS; NEVILLE, 2006).

A surdez apresenta uma complexa etiologia, sua causa varia desde síndromes genéticas até traumatismos cranianos (ASHA, 2011). Conhecer a etiologia e a configuração da perda auditiva é importante por diversas razões, dentre elas, saber se o grau da perda auditiva irá permanecer estável ou se vai piorar progressivamente com o passar do tempo e saber sobre a natureza do dano para o sistema auditivo.

A ideia inicial era que a amostra desta tese fosse composta apenas de pessoas com surdez congênita para que a percepção visual fosse avaliada em uma conjuntura de privação auditiva desde o nascimento. Porém, quando foi realizada a seleção dos participantes, foram encontrados indivíduos que não nasceram surdos. Como o acesso a estas pessoas não é fácil, e outros participantes com surdez moderada, com comorbidades e que não sabiam LIBRAS já haviam sido excluídos da amostra, optou-se por selecionar também voluntários com surdez adquirida. A preferência foi para pessoas cuja surdez fosse adquirida até os quatro anos de idade. Isto porque as pessoas ouvintes adquirem a linguagem antes dos cinco anos (SADATO et al., 2004). Com exceção de um voluntário que ficou surdo aos cinco anos (e participou apenas do Estudo 2), os demais cumpriram esse critério (Tabela 2).

Os participantes com surdez moderada foram excluídos da amostra porque as palavras, com o uso da prótese auditiva, podem ser percebidas pelo sistema auditivo, o que poderia influenciar os resultados.

A seleção de voluntários para participar desta tese refletiu a alta incidência da SRC como causa da perda auditiva (DIAS; MITRE, 2009), pois 12 dos 22 participantes apresentavam este diagnóstico etiológico de surdez. Devido a essa grande frequência, foi realizado o Estudo 2. A intenção foi verificar se as alterações observadas no Estudo 1, isto é, menor sensibilidade ao contraste dos participantes surdos para quase todas as frequências, eram ocasionadas pela rubéola. Apesar de não ter sido encontrada diferença entre a sensibilidade ao contraste das pessoas com perda auditiva causada pela SRC e das pessoas surdas devido a outros fatores, pode ser que a SRC tenha comprometido de alguma forma outras áreas corticais ou sistemas além do auditivo.

### *Língua de Sinais*

As alterações encontradas na percepção visual dos indivíduos com surdez podem ser resultantes da privação da audição e/ou da experiência com a língua de sinais. A vantagem para o processamento de movimento no campo visual direito encontrado em pessoas surdas e

em ouvintes (descendentes de pais surdos) fluentes na língua de sinais pode ser atribuída ao uso desta língua (BOSWORTH; DOBKINS, 2002a; NEVILLE; LAWSON, 1987b). Para estes autores, assim como a linguagem falada, a língua de sinais é processada no hemisfério esquerdo do cérebro, o que sugere uma especialização para o processamento de movimento nestes indivíduos.

Todos os participantes deste trabalho sabiam LIBRAS, porém nenhum deles foi exposto à língua de sinais desde o nascimento e todos eram filhos de pais ouvintes. É fato que 90% das pessoas com perda auditiva são filhas de pais ouvintes sem qualquer experiência ou conhecimento sobre a surdez (CROMACK, 2004; LEIBOVICI, 1997). O impacto do descobrimento da surdez de um filho pode alterar toda a dinâmica do inter-relacionamento familiar, pois a audição é o principal canal de comunicação para a maioria das pessoas.

É a partir dos sons captados pelo ouvido que o desenvolvimento da linguagem acontece. Neste contexto, a surdez traz implicações para o desenvolvimento da linguagem falada e, por consequência, acarreta dificuldades de aprendizagem (SOUZA, 2000). A ausência do desenvolvimento da linguagem auditivo-oral somada à falta de preparo das escolas para receber os alunos surdos, visto que o acesso deles ao conhecimento só é possível pela ação organizada e intencional dos conteúdos através da língua de sinais (MARCHESI, 2004), afetam consideravelmente o desempenho acadêmico das pessoas com surdez.

O grau de escolaridade da amostra desta pesquisa demonstrou o atraso no desempenho escolar dos indivíduos com perda auditiva. Apesar da faixa etária adulta de 18 a 37 anos, 10 voluntários surdos tinham o ensino fundamental incompleto; dois, o ensino médio incompleto; três, o ensino médio completo; três, o ensino superior incompleto e quatro, o ensino superior completo. Enquanto um participante ouvinte tinha o ensino médio completo; nove, o ensino superior incompleto e doze, o ensino superior completo.

Mesmo sabendo que a mensuração da FSC consiste em uma medida sensorial relacionada ao sistema visual, as médias dos valores de sensibilidade ao contraste dos voluntários surdos foram comparadas de acordo com o grau de escolaridade (ensino fundamental, ensino médio e ensino superior). O objetivo foi verificar se os resultados foram influenciados pela discrepância da escolaridade em relação ao grupo controle. A análise estatística com o teste Kruskal-Wallis não demonstrou diferença significativa entre os níveis de escolaridade dos participantes com surdez para os estímulos visuais de grade senoidal e de frequência angular ( $p > 0,05$ ). Isso demonstra que a sensibilidade ao contraste não apresentou alteração em relação à escolaridade dos voluntários.

### *Metodologia e Estímulos Visuais*

Determinadas controvérsias nos estudos que relacionam a surdez com a percepção visual são atribuídas ainda às metodologias utilizadas (BAVELIER et al., 2006; RETTENBACH et al., 1999; STEVENS; NEVILLE, 2006). Para Kronbauer, Schor e Carvalho (2008), os principais métodos para examinar e quantificar o sentido da visão são baseados atualmente em paradigmas psicofísicos. No presente estudo foi utilizado o paradigma da escolha forçada, um paradigma bem estabelecido na literatura que minimiza os efeitos do critério de escolha de resposta dos participantes (WETHERILL; LEVITT, 1965), ou seja, o critério usado pelos voluntários para decidir quando eles viam ou não o estímulo. Diferente de outros métodos, como o dos limites, no qual o voluntário responde “sim” se viu o estímulo ou “não” se não viu. No paradigma da escolha forçada o participante tem sempre de escolher entre duas alternativas (SCHWARTZ, 2004).

Em relação ao procedimento durante as sessões experimentais, uma questão importante que precisa ser mencionada refere-se à apresentação de um sinal sonoro (*bip*) antes da exposição de cada par de estímulos e depois da resposta do voluntário quando correta. Para verificar se as apresentações do sinal sonoro influenciaram os resultados das pessoas com audição normal, em cinco participantes deste grupo foi mensurada também a FSC para grade senoidal de frequências espaciais de 0,5; 2,5; 4; 10 e 20 cpg e para frequências angulares de 2, 4, 24, 48 e 96 ciclos/360° sem o sinal sonoro e, posteriormente, realizada a comparação. Os resultados da FSC com ou sem a apresentação do sinal sonoro demonstraram diferença significativa apenas para a percepção da grade senoidal com frequência de 20 cpg e das frequências angulares de 2 e 4 ciclos/360° ( $p < 0,05$ ), ou seja, nas frequências de corte, onde a sensibilidade é muito baixa. A apresentação do sinal sonoro pode ter influenciado as situações nas quais o sistema visual é menos sensível para perceber. O som pode ter funcionado como um reforço para orientar as respostas dos participantes do grupo controle em três frequências que são difíceis de serem percebidas nas situações em que o estímulo apresentava um nível baixo de contraste, e o contraste ainda ia diminuindo de acordo com os acertos do voluntário.

As sessões experimentais foram realizadas de forma criteriosa; só eram iniciadas quando os voluntários entendiam e respondiam conforme as instruções, quer fossem na língua de sinais, quer fossem na linguagem falada.

A FSC pode ser estimada com o referido paradigma através da apresentação de estímulos visuais em um monitor de vídeo ou de outras formas, por exemplo, através da

apresentação de estímulos impressos em cartelas (disponíveis comercialmente) (OWSLEY, 2003). Além de ser usada como instrumento diagnóstico, a FSC avalia a função visual para toda gama de contraste presente diariamente no ambiente, fornecendo informações sobre a capacidade do sistema visual para detectar objetos em várias situações (CAMPBELL, 1983). Desta maneira, ela foi utilizada neste estudo; mensurada através de estímulos visuais elementares.

Não foi encontrado até o momento nenhum trabalho que mensurasse a FSC com grades senoidais verticais e com estímulos de frequências angulares em participantes surdos. Os achados da presente pesquisa podem indicar prejuízo na percepção visual de contraste dos voluntários surdos, nas áreas do córtex visual V1 e V2, V4, TI, onde são processados a grade senoidal e o estímulo de frequência angular, respectivamente (DE VALOIS; DE VALOIS, 1990; GALLANT et al., 1993; GALLANT et al., 1996; HEGDÉ; VAN ESSEN, 2007; WILKINSON et al., 2000).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como as experiências de vida e as percepções de uma pessoa com surdez são muito diferentes daquelas de um indivíduo com audição normal, é razoável indagar se o sistema visual do surdo não seria organizado de tal forma a refletir tais diferenças.

Apesar do grande número de pesquisas que investigam a percepção visual associada à surdez, a discussão na literatura ainda permanece em aberto. Os resultados que indicam uma deficiência ou uma compensação na visão como consequência da surdez não são generalizados, mas os efeitos encontrados podem ser influenciados, principalmente, pelo tipo de tarefa visual avaliada.

A intenção deste trabalho foi utilizar uma medida clássica, como a FSC, para contribuir com os avanços dos estudos relacionados aos efeitos da surdez na percepção visual. Os estudos que avaliam a percepção visual de contraste em pessoas com perda auditiva são escassos, sendo encontrado apenas um com a metodologia usada no presente trabalho, apesar de grande quantidade do conhecimento sobre processamento visual da literatura ser baseado nos resultados de experimentos com grades senoidais, e da FSC ser considerada uma ferramenta útil para a análise de aspectos ópticos, neurais da visão e ser amplamente utilizada. Um dos fatores para esta aplicabilidade é a extrema sensibilidade da FSC aos insultos internos e externos, por exemplo, a depressão e a hipertensão, e aos problemas visuais, como ambliopia, estrabismo. Fato esse que impõe critérios rigorosos de inclusão e exclusão das amostras nos estudos. Estes critérios atrasaram um pouco o andamento desta tese, pois existiram dificuldades para encontrar voluntários saudáveis, sem problemas oculares, com perda auditiva sensorio-neural bilateral de grau profundo e/ou severo que quisessem participar da pesquisa.

Os achados inéditos desta tese sugerem que a condição da surdez desde o início da vida pode causar prejuízos no processamento visual de contraste. O uso de frequências angulares é uma adição valiosa para caracterizar as respostas do córtex visual extra-estriado e das áreas visuais superiores das pessoas surdas porque a partir destes estímulos foram obtidas respostas que não haviam sido previstas anteriormente através da grade senoidal no único estudo encontrado. O uso de padrões de frequências angulares permite a análise da resposta do processamento visual nas áreas V4 e TI, áreas envolvidas também com o reconhecimento de objetos (DESIMONE; SCHEIN, 1987; MERIGAN, 1996). Além disso, quando utilizamos a grade senoidal para estimar a FSC, este estímulo analisa o processamento visual em uma

orientação (vertical), mas, pela sua configuração, o padrão de frequência angular mensura o processamento visual em todas as orientações (Figura 3).

Novos estudos precisam ser realizados, incluindo novas condições. As sugestões para estudos futuros são: o uso de estímulos com outras frequências, como por exemplo, radiais ou radiais acopladas com frequências angulares para verificar possíveis alterações em outras áreas de processamento do córtex visual; comparar diferentes condições de luminância para avaliar se os efeitos da surdez são distintos nos sistemas magnocelular e parvocelular, que processam estímulos em condições de luminância baixa e alta, respectivamente (BENEDEK et al., 2003; WURTZ; KANDEL, 2003).

Outra sugestão é que os participantes surdos sejam divididos em grupos de acordo com a idade em que acontece a perda auditiva e, principalmente, de acordo com a etiologia da surdez, pois os possíveis efeitos de uma surdez congênita podem ser diferentes dos causados por uma surdez pós-natal adquirida, por exemplo.

Além disso, os achados desta tese demonstram a importância de continuar investigando esta temática. Novas pesquisas discutiriam outras possíveis alterações na percepção visual relacionadas à surdez. Isto enriqueceria o debate sobre uma possível compensação ou deficiência diante de uma privação sensorial.

## 8 REFERÊNCIAS

ADAMS, R. J.; COURAGE, M. L. Using a single test to measure human contrast sensitivity from early childhood to maturity. **Vision Research**, v. 42, p. 1205-1210, 2002.

ARMSTRONG, B. A. et al. Auditory deprivation affects processing of motion, but not color. **Cognitive Brain Research**, v. 14, p. 422-434, 2002.

ASHA. AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION. **(Central) Auditory Processing Disorders**, 2005. Disponível em: <<http://www.asha.org/docs/html/TR2005-00043.html>>. Acesso em: 17 set. 2011.

ASHA. AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION. **Information for the Public. Hearing and Balance. Types of Hearing Loss. Sensorineural Hearing Loss**, 2011. Disponível em: <<http://www.asha.org/public/hearing/Sensorineural-Hearing-Loss/>>. Acesso em: 17 set. 2011.

BAVELIER, D. et al. Visual attention to the periphery is enhanced in congenitally deaf individuals. **The Journal of Neuroscience**, v. 20, n. RC93, p. 1-6, 2000.

BAVELIER, D. et al. Impact of early deafness and early exposure to sign language on the cerebral organization for motion processing. **The Journal of Neuroscience**, v. 21, n. 22, p. 8931-8942, 2001.

BAVELIER, D.; DYE, M. W. G. ; HAUSER, P. C. Do deaf individuals see better? **Trends in Cognitive Sciences**, v. 10, n. 9, p. 391-430, 2006.

BAVELIER, D.; NEVILLE, H. J. Cross-modal plasticity: Where and how? **Neuroscience**, v. 3, p. 443-452, 2002.

BLAKEMORE, C.; CAMPBELL, F. C. Adaptation to spatial stimuli. **Journal of Physiology**, v. 200, p. 11-13, 1969a.

BLAKEMORE, C.; CAMPBELL, F. C. On the existence of neurons in the human visual system selectively sensitive to the orientation and size of retinal images. **Journal of Physiology**, v. 203, p. 237-260, 1969b.

BLAKEMORE, C.; SUTTON, P. Size adaptation: a new aftereffect. **Science**, v. 166, p. 245-247, 1969.

BEAR M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências**: Desvendando o Sistema Nervoso. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

BENEDEK, K. et al. Spatial contrast sensitivity of migraine patients without aura. **Cephalalgia**, v. 22, p. 142-145, 2002.

BENEDEK, G. et al. The scotopic low-frequency spatial contrast sensitivity develops in children between the ages of 5 and 14 years. **Neuroscience**, v. 345, p. 161-164, 2003.

BESS, F. H.; HUMES, L. E. **Fundamentos de audiologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

BETTGER, J. G. et al. Enhanced facial discrimination: Effects of experience with American Sign Language. **Journal of Deaf Studies and Deaf Education**, v. 2, n. 4, p. 223-233, 1997.

BOSWORTH, R. G.; DOBKINS, K. R. Left-hemisphere dominance for motion processing in deaf signers. **Psychological Science**, v. 10, n. 3, p. 256-262, 1999.

BOSWORTH, R. G.; DOBKINS, K. R. Visual field asymmetries for motion processing in deaf and hearing signers. **Brain and Cognition**, v. 49, n. 1, p. 170-181, 2002a.

BOSWORTH, R. G.; DOBKINS, K. R. The effects of spatial attention on motion processing in deaf signers, hearing signers and hearing nonsigners. **Brain and Cognition**, v. 49, n. 1, p. 152-169, 2002b.

BROSS, M. Residual sensory capacities of the deaf: A signal detection analysis of a visual discrimination task. **Perceptual and Motor Skills**, v. 48, p. 187-194, 1979.

BROSS, M.; SAUERWEIN, H. Signal detection analysis of visual flicker in deaf and hearing individuals. **Perceptual and Motor Skills**, v. 51, p. 839-843, 1980.

BROSS, M.; ZUBEK, J. P. Effect of auditory deprivation on visual resolving power. **Canadian Journal of Psychology**, v. 29, p. 340-347, 1975.

BROZINSKY, C. J.; BAVELIER, D. Motion velocity thresholds in deaf signers: changes in lateralization but not in overall sensitivity. **Cognitive Brain Research**, v. 21, p. 1-10, 2004.

CAMPBELL, F. W. Why do we measure contrast sensitivity? **Behavioural Brain Research**, v. 10, n. 1, p. 87-97, 1983.

CAMPBELL, F. W. et al. The spatial selectivity of visual cells of the cat and the squirrel monkey. **Journal of Physiology**, v. 204, p. 120-121, 1969.

CAMPBELL, F. W.; MAFFEI, L. Contrast and spatial frequency. **Scientific American**, v. 231, p. 106-114, 1974.

CAMPBELL, F. W.; ROBSON, F. G. Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. **Journal of Physiology**, v. 197, p. 551-566, 1968.

CHLUBNOVÁ, J. et al. Visual evoked potentials and event related potentials in congenitally deaf subjects. **Physiological Research**, v. 54, p. 577-583, 2005.

COLOMBO, E. et al. What characteristics a clinical CSF system has to have? **Optica Applicata**, v. 39, n. 2, p. 415-428, 2009.

CONSELHO FEDERAL DE FONOAUDIOLOGIA. **Audiometria Tonal, Logaudiometria e Medidas de Imitância Acústica: Orientações dos Conselhos de Fonoaudiologia para o Laudo Audiológico**, 2009. Disponível em: <[http://www.fonoaudiologia.org.br/paginas\\_internas/guiasManuais.asp](http://www.fonoaudiologia.org.br/paginas_internas/guiasManuais.asp)>. Acesso em: 21 jul. 2011.

CORDES, M.; WSZOLEK, Z. K. Deafness and cerebral plasticity. **The Journal of Nuclear Medicine**, v. 44, n. 9, p. 1440-1442, 2003.

CORNSWEET, T. N. **Vision Perception**. New York: Academy Press, 1970.

CORRÊA, J. M. **Surdez e os Fatores que compõem o Método Áudio+Visual de Linguagem Oral para Crianças com Perda Auditiva**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2001.

COURAGE, M. L.; ADAMS, R. J.; HALL, E. J. Contrast sensitivity in infants and children with Down Syndrome. **Vision Research**, v. 37, n.11, p. 1545-1555, 1997.

CROMACK, E. M. P. da C. Identidade, cultura surda e produção de subjetividades e educação: Atravessamentos e implicações sociais. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 24, n. 4, p. 68-77, 2004.

DESIMONE, R.; SCHEIN, S. J. Visual properties of neurons in area V4 of the macaque: sensitivity to stimulus form. **Journal of Neurophysiology**, v. 57, n. 3, p. 835-868, 1987.

DE VALOIS, R. L.; DE VALOIS, K. K. **Spatial Vision**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 1990.

DIAS, A. L. P. de A.; MITRE, E. I. A imunização contra a rubéola no primeiro trimestre de gestação pode levar à perda auditiva? **Revista CEFAC**, v.11, suppl.1, p. 12-17, 2009.

DYE, M. W. G.; BARIL, D. E.; BAVELIER, D. Which aspects of visual attention are changed by deafness? The case of Attentional Network Test. **Neuropsychologia**, v. 45, p. 1801-1811, 2007.

DYE, M. W. G.; HAUSER, P. C.; BAVELIER, D. Is visual selective attention in deaf individuals enhanced or deficient? The case of the useful field of view. **PLoS One**, v. 4, n. 5, p. e5640-e5646, 2009.

ENROTH-CUGELL, C.; ROBSON, J. G. The contrast sensitivity of retinal ganglion cells of the cat. **Journal of Physiology**, v. 187, p. 517-552, 1966.

FALCHIER, A. et al. Anatomical evidence of multimodal integration in primate striate cortex. **The Journal of Neuroscience**, v. 22, n. 13, p. 5749-5759, 2002.

FERNANDES, E. **Linguagem e Surdez**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

GHAZANFAR, A. A.; SCHROEDER, C. E. Is neocortex essentially multisensory? **Trends in Cognitive Sciences**, v. 10, n. 6, p. 278-285, 2006.

FINE, I. et al. Comparing the effects of auditory deprivation and sign language within the auditory and visual cortex. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 17, n. 10, p. 1621-1637, 2005.

FINNEY, E. M.; DOBKINS, K. R. Visual contrast sensitivity in deaf versus hearing populations: Exploring the perceptual consequences of auditory deprivation and experience with a visual language. **Cognitive Brain Research**, v. 11, n. 1, p. 171-183, 2001.

FINNEY, E. M. et al. Visual stimuli activate auditory cortex in deaf subjects: evidence from MEG. **NeuroReport**, v. 14, p. 1425-1427, 2003.

FINNEY, E. M.; FINE, I.; DOBKINS, K. R. Visual stimuli activate auditory cortex in the deaf. **Nature Neuroscience**, v. 4, n. 12, p. 1171-1173, 2001.

FRANÇA, V. C. R. M.; SANTOS, N. A.; MENDES, L. C. Sensibilidade ao contraste em crianças pré-escolares com método psicofísico. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 22, n. 3, p. 335-338, 2006.

GALLANT, J. L.; BRAUN, J.; VAN ESSEN, D. C. Selectivity for polar hyperbolic, and cartesian gratings in macaque visual cortex. **Science**, v. 259, 100-103, 1993.

GALLANT, J. L. et al. Neural responses to polar, hyperbolic, and cartesian gratings in area V4 of the macaque monkey. **Journal of Neurophysiology**, v. 76, p. 2718-2739, 1996.

GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. K. **Neurociência Cognitiva: a biologia da mente**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GIERSCH, A. et al. Impairment of contrast sensitivity in long-term lorazepam users. **Psychopharmacology**, v. 186, p. 594-600, 2006.

GRAHAM, N.; NACHMIAS, J. Detection of grating patterns containing two spatial frequencies: a comparison of single-channel and multiple-channels models. **Vision Research**, v. 11, p. 251-258, 1971.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico: Resultados Preliminares da Amostra**, 2011. Disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados\\_preliminares\\_amostra/default\\_resultados\\_preliminares\\_amostra.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_preliminares_amostra/default_resultados_preliminares_amostra.shtm)>. Acesso em: 22 nov. 2011.

HAUSER, P. C. et al. Deafness and visual enumeration: not all aspects of attention are modified by deafness. **Brain Research**, v. 1153, p. 178-187, 2007.

HEGDÉ, J.; VAN ESSEN, D. C. A comparative study of shape representation in macaque visual areas V2 and V4. **Cerebral Cortex**, v. 17, n. 5, p. 1100-1116, 2007.

HEMING, J. E.; BROWN, L. N. Sensory temporal processing in adults with early hearing loss. **Brain and Cognition**, v. 59, p. 173-182, 2005.

HUDSPETH, A. J. A Audição. In: KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H., & JESSELL, T. M. (Org.). **Princípios da Neurociência**. 4. ed. Barueri, SP: Manole, 2003, p. 590-613.

KANDEL, E. R.; WURTZ, R. H. Construção da Imagem Visual. In: KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H., & JESSELL, T. M. (Org.). **Princípios da Neurociência**. 4. ed. Barueri, SP: Manole, 2003, p. 492-506.

KÉRI, S. et al. Visual information processing in patients with schizophrenia: Evidence for the impairment of central mechanisms. **Neuroscience Letters**, v. 293, p. 69-71, 2000.

KIPER, D. C.; KIROPES, L. Suprathreshold contrast sensitivity in experimentally strabismic monkeys. **Vision Research**, v. 34, n. 12, p. 1575-1583, 1994.

KOBATAKE, E.; TANAKA, K. Neuronal selectivities to complex object features in the ventral visual pathway of macaque cerebral cortex. **Journal of Neurophysiology**, v. 71, p. 856-867, 1994.

KRONBAUER, A. L.; SCHOR, P.; CARVALHO, L. A. V. Medida da visão e testes psicofísicos. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v.71, n.1, p. 122-127, 2008.

LAMBERTZ, N. et al. Cross-modal plasticity in deaf subjects dependent on the extent of hearing loss. **Cognitive Brain Research**, v. 25, p. 884-890, 2005.

LEIBOVICI, Z. Comunicação do surdo: a família e a sociedade. In: ARAÚJO, R. B de; PRACOWNIK, A.; SOARES, L. S. D. (Org.). **Fonoaudiologia Atual**. Rio de Janeiro: Revinter, 1997, p. 55-62.

LEE, J. S. et al. PET evidence of neuroplasticity in adult auditory cortex of postlingual deafness. **The Journal of Nuclear Medicine**, v. 44, n. 9, p.1435-1439, 2003.

LEE, D. S. et al. Cross-modal plasticity and cochlear implants. **Nature**, v. 409, p.149-150, 2001.

LIVINGSTONE, M.; HUBEL, D. H. Psychophysical evidence for separate channels for perception of form, color, movement and depth. **Journal of Neuroscience**, v. 7, p. 3416-3468, 1987.

LLOYD, L. L.; KAPLAN, H. **Audiometric interpretation: a manual of basic audiometry**. University Park Press: Baltimore; 1978.

LOKE, W. H.; SONG, S. Central and peripheral visual processing in hearing and nonhearing individuals. **Bulletin of the Psychonomic Society**, v. 29, n. 5, p. 437-440, 1991.

LOMBER, S. G. M.; MEREDITH, A.; KRAL, A. Cross-modal plasticity in specific auditory cortices underlies visual compensations in the deaf. **Nature Neuroscience**, v. 13, n. 11, 1421-1430, 2010.

MACHADO, A. **Neuroanatomia Funcional**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2006.

MAHON, L. E.; DE VALOIS, R. L. Cartesian and non-cartesian responses in LGN, V1, and V2 cells. **Visual Neuroscience**, v. 18, p. 973-981, 2001.

MARCHESI, Álvaro. Desenvolvimento e educação das crianças surdas. In COLL, C.; MARCHESI, A.; PALACIOS, J. (Org.). **Desenvolvimento psicológico e educação: transtornos do desenvolvimento e necessidades educativas especiais**. v. 3. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 171-192.

MCCULLOUGH, S.; EMMOREY, K.; SERENO, M. Neural organization for recognition of grammatical and emotional facial expressions in deaf ASL signers and hearing nonsigners. **Cognitive Brain Research**, v. 22, n. 2, p. 193-203, 2005.

MCKENDRICK, A. M.; SAMPSON, G. P. Low spatial frequency contrast sensitivity deficits in migraine are not visual pathway selective. **Cephalalgia**, v. 29, p. 539-49, 2009.

MERIGAN, W. H. Basic visual capacities and shape discrimination after lesions of extrastriate area V4 in macaques. **Visual Neuroscience**, v. 13, p. 51-60, 1996.

MITCHELL, T. V.; QUITTNER, A. L. Multimethod study of attention and behavior problems in hearing impaired children. **Journal of Clinical Child Psychology**, v. 25, p. 83-96, 1996.

NAVA, E. et al. Visual temporal order judgment in profoundly deaf individuals. **Experimental Brain Research**, v. 190, p. 179-188, 2008.

NETELENBOS, J. B.; SAVELSBERGH, G. J. P. Children's search for targets located within and beyond the field of view: effects of deafness and age. **Perception**, v. 32, n. 4, p. 485-497, 2003.

NEVILLE, H. J.; BAVELIER, D. Specificity and plasticity in neurocognitive development in humans. In: GAZZANIGA, M. (Org.). **The New Cognitive Neurosciences**. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 1999, p. 83-98.

NEVILLE, H. J.; LAWSON, D. Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task: An event-related potential and behavioral study. II. Congenitally deaf adults. **Brain Research**, v. 405, n. 2, p. 268-283, 1987a.

NEVILLE H. J.; LAWSON, D. Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task. III. Separate effects of auditory deprivation and acquisition of a visual language. **Brain Research**, v. 405, n. 2, p. 284-294, 1987b.

OLIVEIRA, P.; CASTRO, F.; RIBEIRO, A. Surdez infantil. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 68, n. 3, p. 417-423, 2002.

OWSLEY, C. Contrast sensitivity. **Ophthalmology Clinics of North America**, v. 16, n. 2, p. 171-177, 2003.

OWSLEY, C.; SEKULER, R.; SIEMSEN, D. Contrast sensitivity throughout adulthood. **Vision Research**, v. 23, p. 689-699, 1983.

PARASNIS, I. Visual perceptual skills and deafness: a research review. **Journal of the American Deafness and Rehabilitation Association**, v. 16, p. 161-181, 1983.

PARASNIS, I.; SAMAR, V. J. Parafoveal attention in congenitally deaf and hearing young adults. **Brain and Cognition**, v. 4, p. 313-327, 1985.

PARASNIS, I.; SAMAR, V. J.; BERENT, G. P. Deaf adults without attention deficit hyperactivity disorder display reduced perceptual sensitivity and elevated impulsivity on the Test of Variables of Attention (T.O.V.A.). **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 46, p. 1166-1183, 2003.

PELI, E.; AREND, L.; LABIANCA, A. T. Contrast perception across changes in luminance and spatial frequency. **Journal of the Optical Society of America**, v. 13, p. 1953-1959, 1996.

PETERZELL, D. H.; TELLER, D. Y. Individual differences in contrast sensitivity functions: the lowest spatial frequency channels. **Vision Research**, v. 36, p. 3077-3085, 1996.

PETITTO, L. A. et al. Speech-like cerebral activity in profoundly deaf people processing signed languages: Implications for the neural basis of human language. **Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.**, v. 97, n. 13961-13966, 2000.

POIZNER, H. et al. Visual-spatial processing in deaf brain-damaged signers. **Brain and Cognition**, v. 3, n. 3, p. 281-306, 1984.

POIZNER, H.; TALLAL, P. Temporal processing in deaf signers. **Brain and Language**, v. 30, p. 52-62, 1987.

PROKSCH, J.; BAVELIER, D. Changes in the spatial distribution of visual attention after early deafness. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 14, n. 5, p. 687-701, 2002.

QUITTNER, A. L. et al. The impact of audition on the development of visual attention. **Psychological Science**, v. 5, p. 347-353, 1994.

REGAN, D. Low-contrast letter charts and sinewave grating tests in ophthalmological and neurological disorders. **Clinical Vision Sciences**, v. 2, n. 3, p. 235-250, 1988.

RETTENBACH, R.; DILLER, G.; SIRETEANU, R. Do deaf people see better? Texture segmentation and visual search compensate in adult but not in juvenile subjects. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 11, n. 5, p. 560-575, 1999.

RIETVELT, S. et al. Visual performance of adults with prelingual auditory impairment. **American Annals of the Deaf**, v. 149, n. 5, p. 421-427, 2004/2005.

RUSSO, I. C. P. et al. Encaminhamentos sobre a classificação do grau de perda auditiva em nossa realidade. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 14, n. 2, p. 287-288, 2009.

SACHS, M. B., NACHMIAS, J.; ROBSON, J. G. Spatial-frequency channels in human vision. **Journal of the Optical Society of America**, v. 61, n. 9, p. 1176-1186, 1971.

SADATO, N. et al. Age-dependent plasticity in superior temporal sulcus in deaf humans: a functional MRI study. **BMC Neuroscience**, v. 5, n. 56, p.1-6, 2004.

SAMAR, V. J.; PARASNIS, I. Dorsal stream deficits suggest hidden dyslexia among deaf poor readers: correlated evidence from reduced perceptual speed and elevated coherent motion thresholds. **Brain and Cognition**, v. 58, p. 300-311, 2005.

SANTOS, N. A. et al. Detecção de estímulos concêntricos mesópicos em crianças surdas e ouvintes. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 25, n. 2, p. 189-194, 2009.

SANTOS, N. A.; MENDES, L. C.; ALVES, P. A. A. Sensibilidade ao contraste de crianças surdas e ouvintes para grades senoidais em condições mesópicas. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 22, n. 2, p. 230-235, 2009.

SANTOS, N. A.; SIMAS, M. L. B.; NOGUEIRA, R. M. T. B. L. Processamento visual da forma em idosos: curvas de limiar de contraste para frequências angulares e senoidais. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 16, p. 271-277, 2003.

SARTUCCI, F. et al. Visual contrast sensitivity in carbamazepine-resistant epileptic patients receiving vigabatrin as add-on therapy. **Journal of Epilepsy**, v. 10, p. 7-11, 1997.

SCHWARTZ, S. H. **Visual Perception: a clinical orientation**. 3. ed. New York: McGraw Hill, 2004.

SHIBATA, D. K. et al. Functional MR Imaging of Vision in the Deaf. **Academic Radiology**, v. 8, n. 7, p. 598-604, 2001.

SILVA, A. C.; RODRIGUES, M. de L. V. Importância do estudo da função da sensibilidade ao contraste no glaucoma. **Revista Medicina**, v. 35, p. 497-504, 2002.

SIMAS, M. L. de B. Linearity and domain invariance in the visual system. Doctoral thesis, Queen's University at Kingston, Ontario, Canada. University Microfilms International, Ann Arbor, MI, 1985.

SIMAS, M. L. de B.; DODWELL, P. C. Angular frequency filtering: a basis for pattern decomposition. **Spatial Vision**, v. 5, p. 59-74, 1990.

SISTO, D. et al. Subclinical visual involvement in multiple sclerosis: a study by MRI, frequency-doubling perimetry, standard perimetry and contrast sensitivity. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 46, n. 4, p. 1264-1267, 2005.

SLAGHUIS, W. L. Contrast sensitivity for stationary and drifting spatial frequency gratings in positive and negative-symptom schizophrenia. **Journal of Abnormal Psychology**, v. 107, n. 1, p. 49-62, 1998.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA. **Terminologia Anatômica**: terminologia anatômica internacional. v. 2. São Paulo: Manole, 2001.

SOUZA, L. B. R. de. **Fonoaudiologia fundamental**. Rio de Janeiro: Revinter, 2000.

STEIN, B. E. Neural mechanisms for synthesizing sensory information and producing adaptive behaviors. **Experimental Brain Research**, v. 123, p. 124-135, 1998.

STEINHOFF, B. J.; FREUDENTHALER, N.; PAULUS, W. The influence of established and new antiepileptic drugs on visual perception II: A controlled study in patients with epilepsy under long-term antiepileptic medication. **Epilepsy Research**, v. 29, p. 49-58, 1997.

STEVENS, C.; NEVILLE, H. Neuroplasticity as a double-edged sword: Deaf enhancements and dyslexic deficits in motion processing. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 18, n. 5, p. 701-714, 2006.

STIVALET, P. et al. Differences in visual search tasks between congenitally deaf and normally hearing adults. **Cognitive Brain Research**, v. 6, n. 3, p. 227-232, 1998.

TANAKA, K.; FUKADA, Y.; SAITO, H. A. Underlying mechanisms of the response specificity of expansion/contraction and rotation cells in the dorsal part of the medial superior temporal area of the macaque monkey. **Journal of Neurophysiology**, v. 62, p. 642-656, 1989.

THARPE, A. M. et al. Visual attention and hearing loss: past and current perspectives. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 19, n. 10, p. 741-747, 2008.

TOMSON, T.; NILSSON, B. Y.; LEVI, R. Impaired visual contrast sensitivity in epileptic patients treated with carbamazepine. **Archives of Neurology**, v. 45, p. 897-900, 1988.

TOCHEL, C. M. et al. Relationship between visual field loss and contrast threshold elevation in glaucoma. **BMC Ophthalmology**, v. 13, n. 5, p. 22-34, 2005.

TOOTELL, R. B. et al. Functional analysis of primary visual cortex (V1) in humans. **Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.**, v. 95, p. 811-817, 1998.

WETHERILL, G. B.; LEVITT, H. Sequential estimation of points on a psychometric function. **The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology**, v. 48, p. 1-10, 1965.

WILKINSON, F. et al. An fMRI study of the selective activation of human extrastriate form vision areas by radial and concentric gratings. **Current Biology**, v. 10, p. 1455-1458, 2000.

WILSON, H. R.; WILKINSON, F. Detection of global structure in glass patterns: implications for form vision. **Vision Research**, v. 38, p. 2933-2947, 1998.

WURTZ, R. H.; KANDEL, E. R. Vias visuais centrais. In: KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H., & JESSELL, T. M. (Org.). **Princípios da Neurociência**. 4. ed. Barueri, SP: Manole, 2003, p. 523-547.

ZHANG, Y. et al. Auditory cortical responses evoked by pure tones in healthy and sensorineural hearing loss subjects: functional MRI and magnetoencephalography. **Chinese Medical Journal**, v. 119, n. 18, p. 1548-1554, 2006.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS  
DO COMPORTAMENTO

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

***Título da Pesquisa: “PERCEPÇÃO VISUAL E PLASTICIDADE: PROCESSAMENTO VISUAL DE ESTÍMULOS ELEMENTARES EM ADULTOS SURDOS E OUVINTES”***

Pesquisadora Responsável: Liana Chaves Mendes / E-mail: liana\_chaves@hotmail.com

Telefones: (83) 3225-2105 (Residencial) / (83) 8888-8302

*Local do Estudo: Laboratório de Percepção Visual (LabVis), Departamento de Psicologia, UFPE e Laboratório de Percepção, Neurociências e Comportamento (LPNeC), Departamento de Psicologia, UFPB.*

Prezado(a) Senhor(a),

Gostaríamos de convidá-lo(a) a participar dos nossos testes visuais realizados nos nossos laboratórios, que estudam a percepção visual da forma. A percepção visual da forma investiga como o sistema visual vê e reconhece objetos ou imagens. Neste estudo, nós vamos medir a sensibilidade ao contraste de adultos surdos e adultos ouvintes, ou seja, a quantidade mínima necessária de contraste que o sistema visual precisa para perceber objetos, cenas ou pessoas.

*Descrição do Estudo:* Observando duas imagens na tela de um computador, o(a) senhor(a) terá de escolher uma das imagens, apertando um dos botões do mouse. Cada teste dura em média de 5 a 20 minutos.

*Riscos:* Os possíveis riscos que este tipo de estudo pode trazer são: constrangimento (durante as respostas das questões da entrevista) e desconforto (devido à duração dos testes visuais). Porém, o teste será cancelado ou adiado quando o(a) senhor(a) apresentar sinais de cansaço e poderá ser interrompido no momento em que o(a) senhor(a) desejar.

*Benefícios:* Conhecer a sensibilidade ao contraste é importante para avaliar o sistema visual e ainda, pode ajudar a entender como as pessoas com e sem surdez enxergam. Isto é, os resultados informarão como a percepção visual se relaciona com a surdez.

*Sigilo:* Esclarecemos que será garantido o sigilo do nome do participante. Apenas os pesquisadores terão acesso aos termos de consentimento e resultados.

*Participação Voluntária:* A participação é voluntária, ou seja, o(a) senhor(a) não receberá nenhum tipo de pagamento para participar desta pesquisa. O dinheiro gasto com o transporte, para ir à universidade e participar dos testes, será ressarcido em espécie, imediatamente a sua despesa.

Se o(a) senhor(a) concordar em colaborar voluntariamente com a pesquisa e se não tiver nenhuma dúvida, gostaríamos que assinasse este termo. Mesmo assinando, o (a) senhor(a) poderá recusar e/ou retirar o consentimento de participar da pesquisa a qualquer momento *sem prejuízo para ambas as partes*.

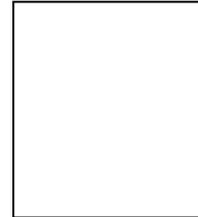
Assinaturas:

Voluntário: \_\_\_\_\_

Testemunhas: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Pesquisador: \_\_\_\_\_



Eu, \_\_\_\_\_, aceito participar voluntariamente dos testes visuais da presente pesquisa, realizados no Laboratório de Percepção Visual (LabVis-UFPE) ou no Laboratório de Percepção, Neurociências e Comportamento (LPNeC-UFPB).

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**APÊNDICE B – Entrevista para os Participantes com Audição Normal**

DADOS PESSOAIS	
Nome: _____	
Sexo: <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/> Masculino	
Idade: _____ anos e _____ meses	Data de nascimento: ____ / ____ / ____
Estado civil: <input type="checkbox"/> Casado(a) <input type="checkbox"/> Solteiro(a) <input type="checkbox"/> Viúvo(a) <input type="checkbox"/> Separado(a)/Divorciado(a)	
Grau de escolaridade: _____	
Profissão: _____	
Trabalha: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não      Local? _____	

CONTATOS	
Telefones: residencial _____	celular _____
E-mail: _____	Acessa com frequência: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Orkut: _____	Acessa com frequência: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Endereço: _____	
_____	

OUTRAS VARIÁVEIS	
Você toma ou já tomou algum medicamento controlado? _____	
Você bebe ou já bebeu alguma bebida alcoólica? _____	
Você tem ingerido bebida alcoólica ultimamente? _____	
Você fuma ou já fumou? _____	
Você já usou algum tipo de droga (maconha, cocaína, crack, êxtase, etc.)? _____	

**OUTRAS VARIÁVEIS**

Você sofre de pressão alta? \_\_\_\_\_

Você sofre de diabetes? \_\_\_\_\_

Você já teve contato com máquinas de raios X ou substâncias tóxicas, tais como mercúrio?  
Ou já trabalhou em posto de gasolina? \_\_\_\_\_

Você já passou por alguma cirurgia ou tratamento médico grave? \_\_\_\_\_

Você já teve alguma patologia neuropsiquiátrica? \_\_\_\_\_

Você tem algum tipo de deficiência auditiva? \_\_\_\_\_

Você tem problema de vista? \_\_\_\_\_

**RESULTADOS:**

**ACUIDADE VISUAL:**

OD \_\_\_\_\_

OE \_\_\_\_\_

**TESTE DE COR:** \_\_\_\_\_

Obs. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_



Causa da surdez: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Possui parentes surdos? Qual grau de parentesco? \_\_\_\_\_

#### OUTRAS VARIÁVEIS

Você toma ou já tomou algum medicamento controlado? \_\_\_\_\_

Você bebe ou já bebeu alguma bebida alcoólica? \_\_\_\_\_

Você tem ingerido bebida alcoólica ultimamente? \_\_\_\_\_

Você fuma ou já fumou? \_\_\_\_\_

Você já usou algum tipo de droga (maconha, cocaína, crack, êxtase, etc.)? \_\_\_\_\_

Você sofre de pressão alta? \_\_\_\_\_

Você sofre de diabetes? \_\_\_\_\_

Você já teve contato com máquinas de raios X ou substâncias tóxicas, tais como mercúrio?  
Ou já trabalhou em posto de gasolina? \_\_\_\_\_

Você já passou por alguma cirurgia ou tratamento médico grave? \_\_\_\_\_

Você já teve alguma patologia neuropsiquiátrica? \_\_\_\_\_

Você tem problema de vista? \_\_\_\_\_

Sabe a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS)? ( ) Pouco ( ) Razoável ( ) Muito

#### RESULTADOS:

#### ACUIDADE VISUAL:

OD \_\_\_\_\_

OE \_\_\_\_\_

TESTE DE COR: \_\_\_\_\_

OBS. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**ANEXOS**

**ANEXO A – Comprovante da Submissão do Artigo “*Visual Perception of Contrast in Deaf Adults*” para a Revista *European Journal of Neuroscience***

EJN EUROPEAN JOURNAL OF NEUROSCIENCE

Edit Account | Instructions & Forms | Log Out | [Get Help Now](#)

SCHOLARONE™ Manuscripts

[Main Menu](#) → [Corresponding Author Dashboard](#) → Submission Confirmation

You are logged in as Liana Mendes-Santos

### Submission Confirmation

Thank you for submitting your manuscript to *European Journal of Neuroscience*.

Manuscript ID: EJN-2012-02-19218
Title: VISUAL PERCEPTION OF CONTRAST IN DEAF ADULTS
Mendes-Santos, Liana Cavalcanti-Galdino, Melyssa
Authors: Vieira, Jakina Santos, Natanael Simas, Maria Lúcia
Date Submitted: 10-Feb-2012

[Print](#) [Return to Dashboard](#)

**ANEXO B – Comprovante da Submissão do Artigo “*Contrast Sensitivity of Adults with Deafness related to Congenital Rubella*” para a Revista *Audiology & Neurotology***



# Audiology & Neurotology

**SUBMISSION OVERVIEW**

[LOGOUT](#)

✔ Complete 
 ! Required 
 - Optional

**✔ CONTACT INFORMATION**

Dr. Liana Mendes-Santos  
 Universidade Federal de Pernambuco, Depto de  
 Psicologia - Laboratorio de Percepcao Visual  
 Av. Prof. Moraes Rego, 1235, B. Cidade  
 Universitária  
 Recife  
 Brazil

Email 1: liana\_chaves@hotmail.com

[EDIT](#)

Please click on the button below to finalize your submission. You will be able to upload additional files as needed.

[COMPLETE SUBMISSION](#)

**✔ MANUSCRIPT INFORMATION**

**SUBMISSION ID:** 1859  
**SUBMISSION LAST CHANGED:** Feb, 11 2012

<b>TITLE</b>	CONTRAST SENSITIVITY OF ADULTS WITH DEAFNESS RELATED TO CONGENITAL RUBELLA
--------------	--

**ANEXO C – Certidão de Aprovação do Projeto da Tese emitida pelo Comitê de Ética em Pesquisa (UFPE)**



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
Comitê de Ética em Pesquisa**

Of. N.º 153/2009-CEP/CCS

Recife, 10 de junho de 2009.

Registro do SISNEP FR – 174392

CAAE – 0009.0.172.000-08

Registro CEP/CCS/UFPE Nº 010/08

**Título: “Percepção visual e plasticidade: processamento de estímulos elementares em adultos surdos e ouvintes”**

Pesquisador Responsável: Liana Chaves Mendes

Senhora Pesquisadora:

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco CEP/CCS/UFPE registrou e analisou de acordo com a Resolução N.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, o protocolo de pesquisa em epígrafe, aprovando-o e liberando-o para início da coleta de dados em 09 de junho de 2009.

Ressaltamos que o pesquisador responsável deverá apresentar o relatório ao final da pesquisa.

Atenciosamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gerald Bosco Lindoso Couto', written over a printed name and title.

Prof. Geraldo Bosco Lindoso Couto  
Coordenador do CEP/CCS/UFPE