

MUDANÇAS NO CÉREBRO INDUZIDAS PELA APREDIZAGEM DA LEITURA

FIGURA 1



Stanislas Dehaene

Collège de France, Paris

INSERM/CEA

Cognitive Neuroimaging Unit,

Neurospin Center, Saclay

www.unicog.org

Tradução: Leonor Scliar-Cabral

Discorrerei principalmente sobre o cérebro normal quando lê e depois enfatizarei o quanto isto é uma invenção nova.

PRIMEIRAS FORMAS DE ARTE

FIGURA 2



Gruta Chauvet, Ardèche,
França

~ 32.000 anos



Gruta de
Lascaux
~ 18.000 anos



Há cerca de 32.000 anos, os homens adentraram a gruta de Chauvet, ao sul da França e realizaram belos desenhos de cavalos, tigres e leões, mas também formas simbólicas, tais como mãos.

Um pouco mais tarde, em Lascaux, pela primeira vez, podem ser observados símbolos, tais como a cruz.

EMERGÊNCIA DA ESCRITA SIMBÓLICA

FIGURA 3

Hieróglifos egípcios



Cuneiforme



Chinês



MAIA



Há cerca de 5.400 anos, a escrita foi inventada

Rapidamente, assumiu formas variadas

Ao escrever em hieróglifos, os homens inventaram seus próprios sistemas de escrita. Isso foi uma invenção radical, completa, não antecipada por nada em nossa evolução

A chave para entender o sistema de leitura, de escrita ou de aritmética

- É entender que o cérebro não passou por evolução específica para dar suporte a esses sistemas que são invenções humanas

FIGURA 4

Duas hipóteses simples sobre como o desenvolvimento do cérebro sustenta a educação e a aprendizagem cognitiva

° Ideia 1. Nosso cérebro é **altamente estruturado** desde o nascimento, para adquirir rapidamente representações sofisticadas, herdadas com a evolução: desenvolvemos os conceitos de objetos, espaço, tempo, número, estruturas linguísticas, relações sociais...

Mas, é claro, nenhuma evolução específica para a leitura, para a escrita, para a aritmética...

° Ideia 2. “**Reciclamos**” alguns desses sistemas cerebrais para novos usos culturais

- Qualquer objeto cultural novo precisa encontrar seu “**nicho cerebral**”, modificando circuitos cerebrais pré-existentes, explorando a margem de variabilidade tornada possível pela plasticidade cerebral

- **Ganhamos** novas competências,
mas também podemos **perder** algumas das antigas, legadas pela evolução

A neuroimagem da leitura completa agora quase 20 anos

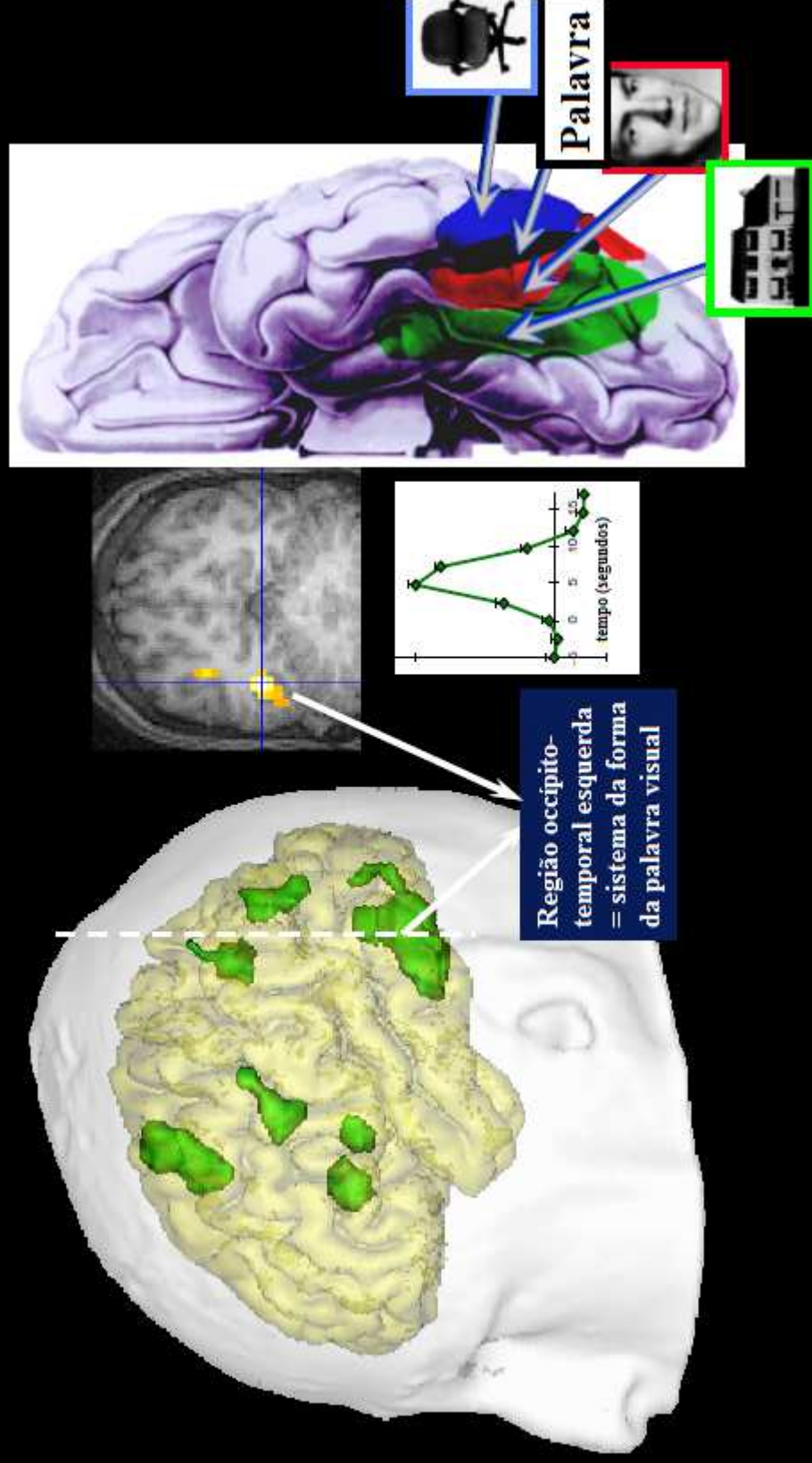
Com instrumentos como a IRMf (Imagem por Ressonância Magnética funcional) podemos em poucos minutos ver o cérebro de um leitor aprendendo a ler e observar o que a leitura envolve

Existe uma área específica do cérebro

– um sistema da forma da palavra visual, envolvida no reconhecimento da ortografia – que é somente um subconjunto dentro de um circuito maior

FIGURA 5

Localização replicável da área da forma da palavra visual



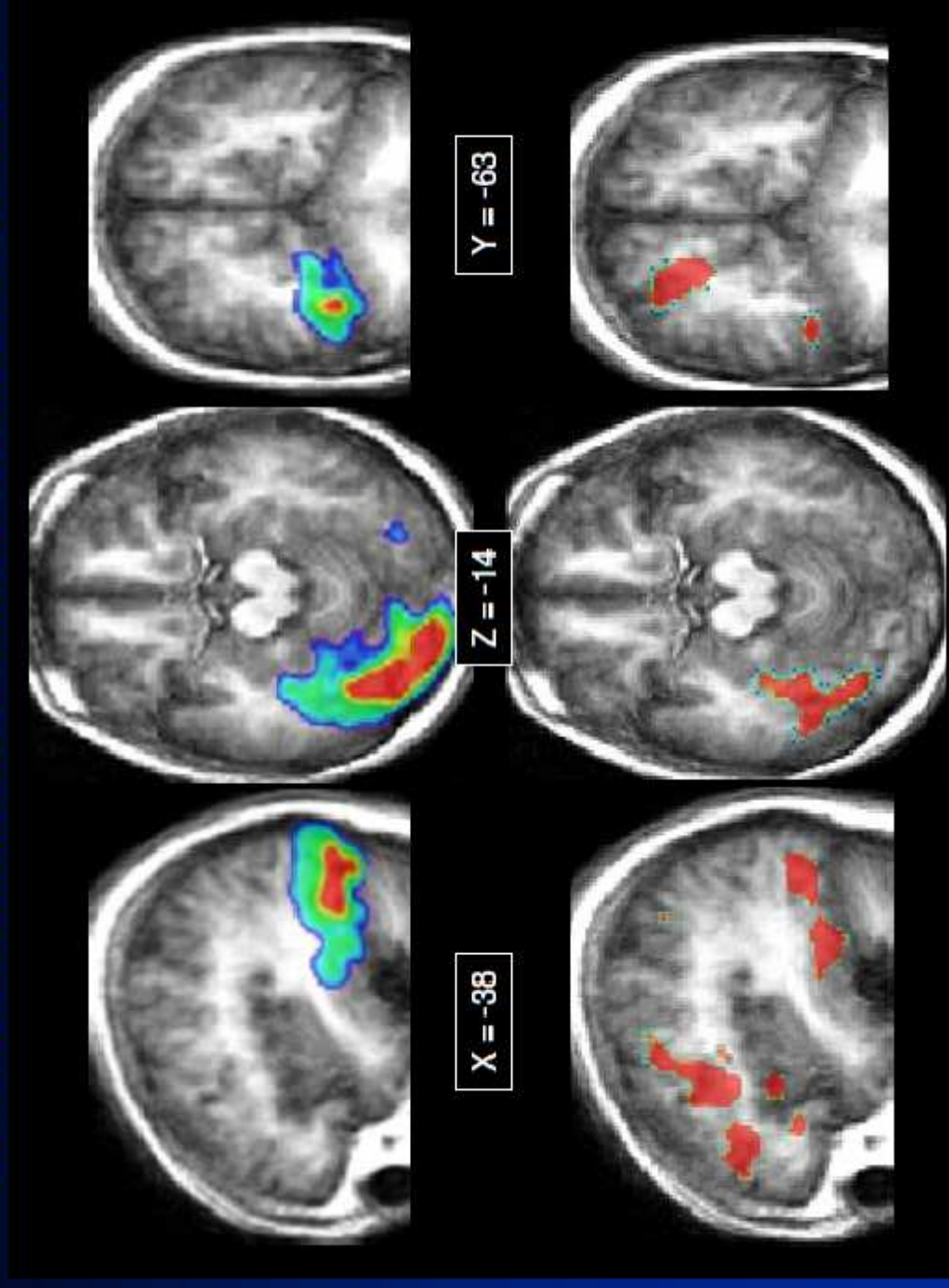
É muito surpreendente que essa área seja localizada em relação a outros domínios do cérebro, tais como os que suportam as respostas a faces, a casas, ou a objetos

É um completo mistério como o cérebro pode ter um sistema localizado como esse, uma vez que não evoluiu para a leitura

Realmente, não entendemos esse mistério, mas podemos confirmar essas áreas localizadas com dados convergentes de lesões.

FIGURA 6

Evidência convergente a partir de dados de lesões e de IRMf em indivíduos normais



Embaixo: a ativação quando o sujeito está lendo

Acima: as lesões encontradas em vários pacientes que desenvolveram **alexia total**, após traumatismo cerebral (consequência de um acidente)



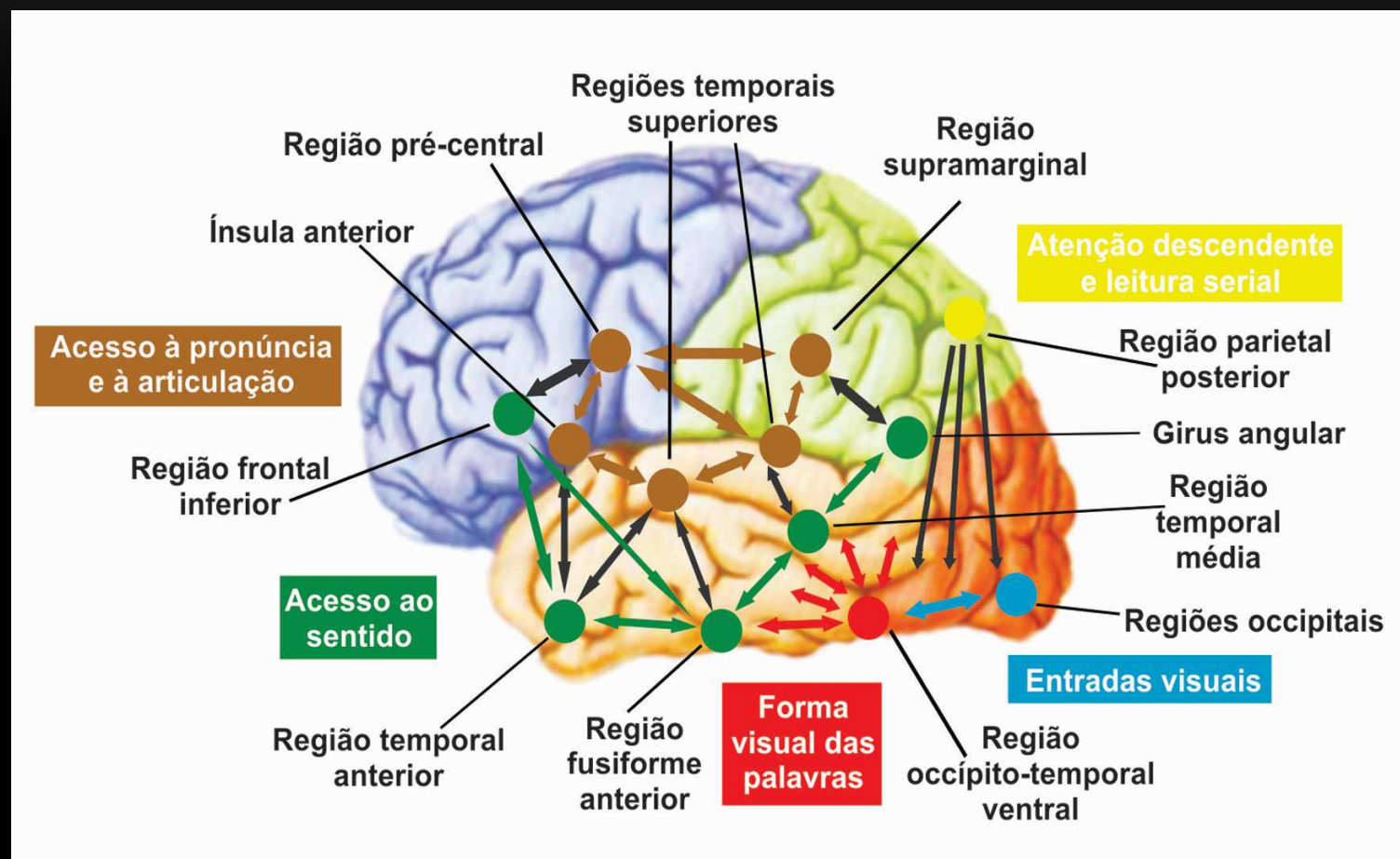
envolvem a mesma seção da forma da palavra visual que é ativada quando um sujeito normal lê

ENTÃO, COMO PODEMOS RESUMIR ESSES DADOS?

Visão geral proposta:

Uma palavra começa a ser processada no cérebro como um objeto visual,
primeiro codificado na parte posterior do cérebro,
nas áreas visuais genéricas,
envolvidas no reconhecimento das faces e dos objetos, bem
como das palavras escritas

FIGURA 7 – ARQUITETURA CEREBRAL PARA A LEITURA



Mas aprender a ler consiste numa especialização numa outra área, um pouco mais adiante, **no giro fusiforme**



que é a **área da forma da palavra visual**



a qual se tornou afinada com as

formas das letras e

com **as cadeias de letras**

que constituem as palavras num dado sistema ortográfico

A informação a partir da **área da forma da palavra visual**



navega para outras áreas que são envolvidas com a pronúncia e a articulação, bem como com o acesso ao significado das palavras

Todas essas áreas exibidas no quadro são áreas cerebrais conhecidas por serem ativadas, fato atestado por todos os diferentes métodos de imagem

Contudo, no momento, ainda não são conhecidos completamente todos os caminhos da ativação

Certeza: todas as áreas numeradas na Figura 7 podem ser ativadas pela língua falada e já estão posicionadas na criança antes de aprender a ler

Podemos acompanhá-las sendo ativadas em muitos casos, mesmo numa criança de apenas poucos meses

O que é especializado para a leitura é a área número 2, como uma interface entre o sistema visual e o sistema existente para a linguagem verbal

Aprender a ler consiste em criar

uma ponte entre a visão

(a representação visual das palavras escritas)

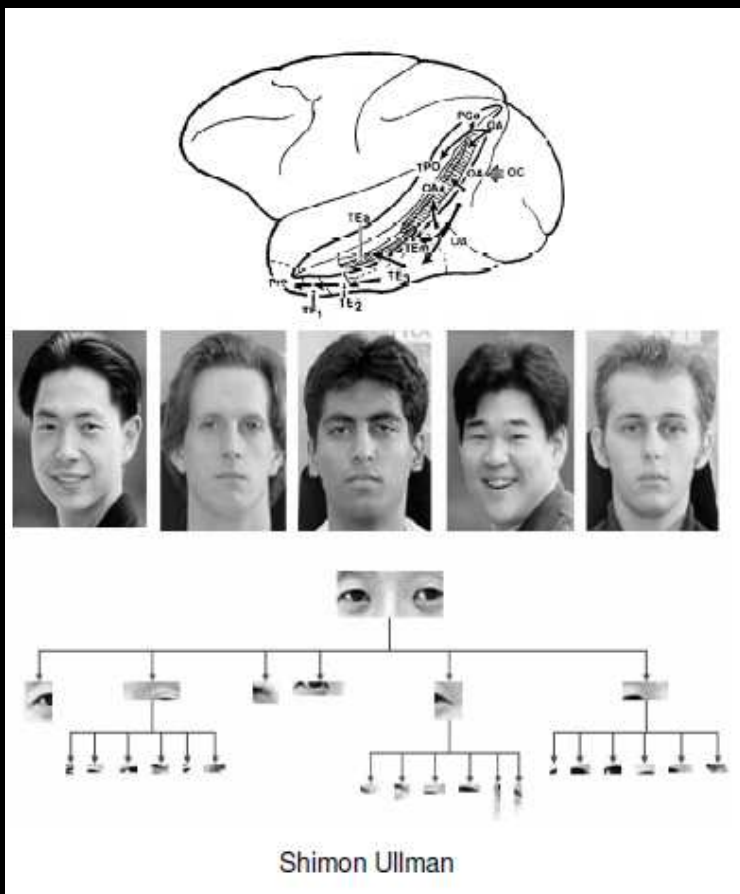
e a linguagem verbal

(que corresponde aos sons e ao significado das
palavras)

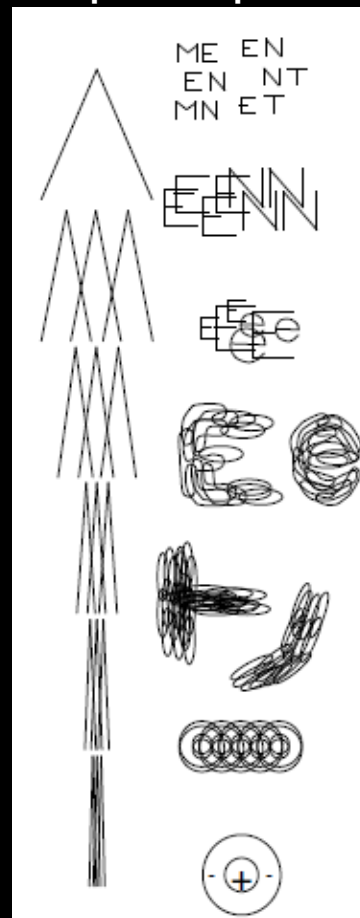
Figura 8

Os neurônios ínfero-temporais reconhecem objetos e faces através de uma “pirâmide neuronal” de traços aninhados.

Modelo de reconhecimento de face ou objeto

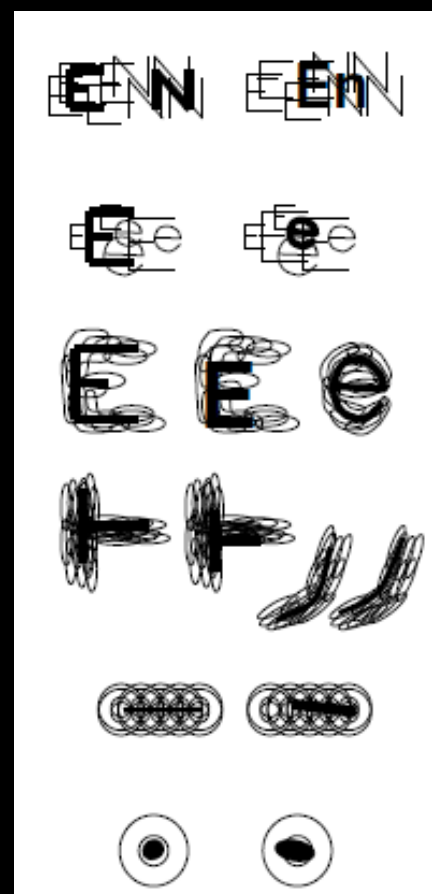


Tamanho e estrutura dos campos receptivos dos neurônios



Modelo de reconhecimento da palavra escrita

Amostragem dos estímulos preferidos



Modelo de reciclagem

Começa com um cérebro um pouco semelhante ao cérebro do macaco que vemos na Figura 8, já organizado para reconhecer objetos e, em particular, para reconhecer faces

Esse modelo de reconhecimento da face foi desenvolvido por Shimon Ullman e é um modelo acurado de como o sistema visual trabalha

Reconhecemos faces porque temos uma hierarquia de neurônios capazes de reconhecer partes das faces, tais como a região dos olhos, ou um pedaço do olho

Cada um desses neurônios, por sua vez, conta com uma pirâmide de neurônios precedentes, ao longo do caminho em direção ao córtex visual primário, que codifica os segmentos da imagem visual

Em uma arquitetura muito similar subjaz o reconhecimento da palavra

Reciclamos a arquitetura para as faces em algo semelhante
para lidar com as palavra

O que temos é uma hierarquia de neurônios na **área fusiforme** que estão envolvidos no reconhecimento dos segmentos das letras, independentemente do seu tipo de fonte e agrupamentos:

- em pares formando bigramas,
- em pedaços de palavras,
- ou formando palavras inteiras

**Essa hierarquia deve ser estabelecida no curso
da aprendizagem da leitura**

Experimento que foi conduzido com IRMf em sujeitos adultos,
quando submetidos a 6 níveis de objetos visuais:

não-letras

letras

letras frequentes

bigramas frequentes (pares de letras)

quadrigramas (a maior parte também palavras)

palavras reais

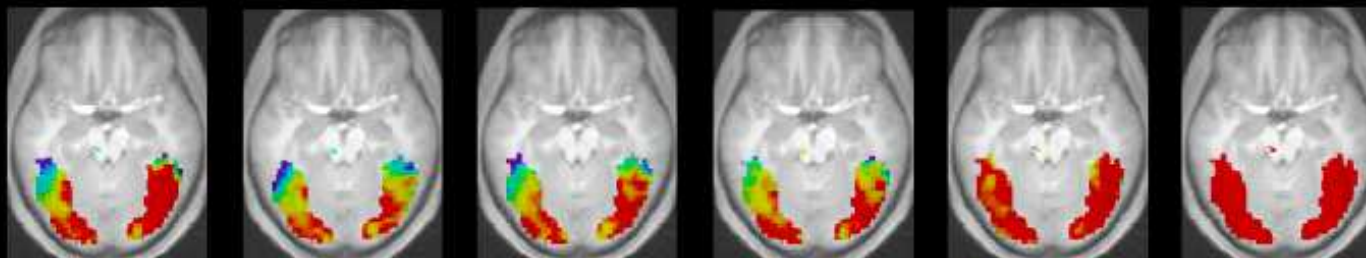
De acordo com o modelo de reciclagem, esses níveis,
partindo do menor para o maior deveriam ativar áreas cada
vez mais altas do cérebro

FIGURA 9

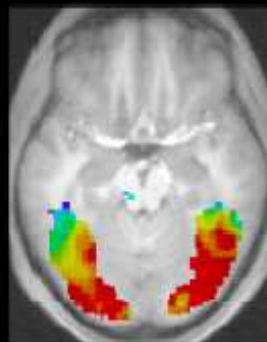
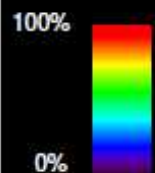
Testando o modelo com IRMf: organização hierárquica do córtex occípito-temporal

Vinckier et al., *Neuron* 2007

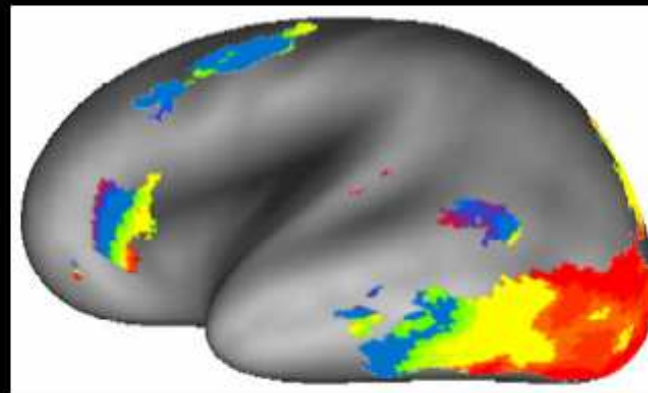
Fonte Falsa	Letras Infrequentes	Letras Frequentes	Bigramas Frequentes	Quadrigramas Frequentes	Palavras
᠎᠃᠈᠎᠎᠎᠎᠎᠎	JZWYWK	QOADTQ	QUMBSS	AVONIL	MOUTON



Fonte Falsa Letras Infrequentes Letras Frequentes Bigramas Quadrigramas Palavras



Média dos estímulos de pseudo-palavras



Percentual de ativação relativo à palavras no córtex occípito-temporal

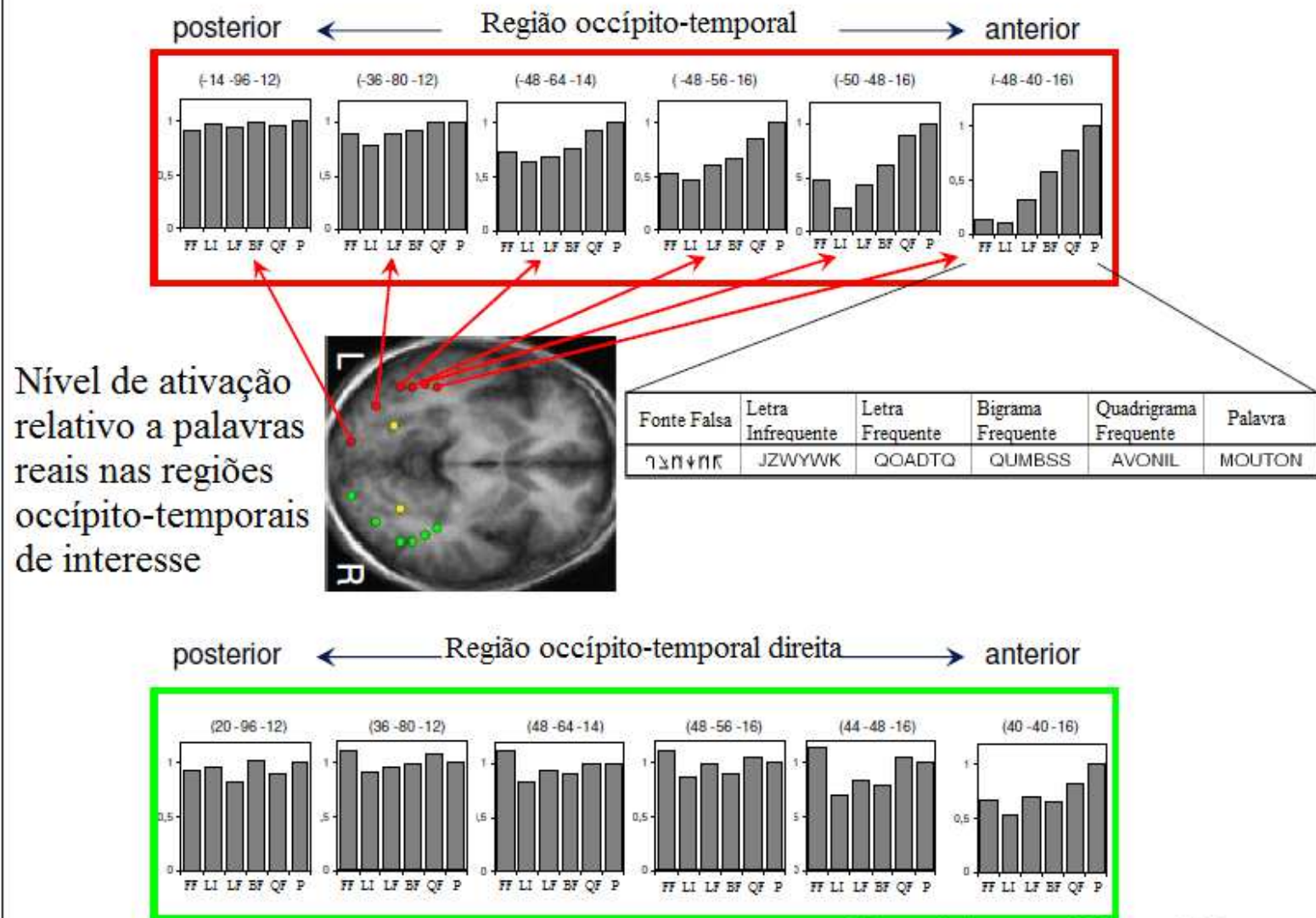
Existe toda uma hierarquia de áreas na parte **ventral do cérebro**, movimentando-se de trás para frente, à medida que lhes apresentamos de forma crescente, formas cada vez mais próximas das palavras (Figura 9)

A área em azul é onde ocorre a atividade máxima quando da **leitura de palavras e de pseudo-palavras**, enquanto a parte posterior do cérebro em vermelho, responde essencialmente a todos os estímulos.

Além disso, existem todas as respostas intermediárias
(*mouton* é carneiro, em francês)

FIGURA 10

Uma organização hierárquica no córtex occípito-temporal esquerdo



... podemos ver que, no HE, na cadeia ventral para o reconhecimento visual, movemo-nos a partir da área que responde igualmente bem a todos os 6 estímulos em direção à **área que se tornou especializada** e responde especificamente às aproximações de palavras, ou às palavras reais

Existe um âmbito de respostas intermediárias em locais intermediários

No fundamental, a ativação parece, na maioria,
estar estabelecido no HE

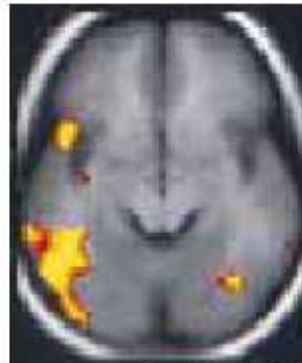
Essa região forma o script alfabético básico para a aprendizagem
da leitura

FIGURA 11

Como este circuito se desenvolve?

Seu desenvolvimento parece acompanhar de perto a emergência de um domínio para as palavras visuais

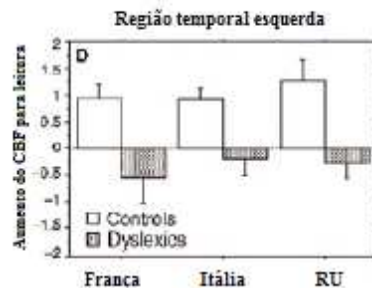
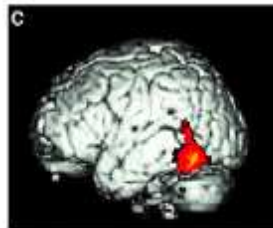
A ativação progressivamente focaliza em direção à região occipito-temporal esquerda entre os 6 e 10 anos, embora refinamentos posteriores aconteçam durante a adolescência.



Bennett and Sally Shaywitz

A quantidade de ativações na região occipito-temporal prediz escores para a leitura em ambos leitores normais e com distúrbios.

A ativação é anormalmente lenta em crianças disléxicas.



Eraldo Paulesu, Jean-François Demonet, Chris and Uta Frith

A ativação se recupera após reabilitação específica.



Elise Temple

Então, como esse circuito se desenvolve?

A área para a forma da palavra escrita conecta com muitas outras áreas. A ativação muda no cérebro de uma criança, no curso da aprendizagem da leitura.

A área que mais correlaciona com os escores é, de novo, a área occípito-temporal ventral inferior esquerda - **a área da forma da palavra visual – e o córtex que a cerca é mostrado no belo trabalho de Bennett e Sally Shaywitz e colaboradores.**

Tanto as crianças com distúrbios de aprendizagem da leitura (disléxicas), quanto adultos que se recuperaram parcialmente de sua dislexia, mas são disléxicos na França, Itália ou Grã-Bretanha, ao ler, ativam **a área occípito-temporal ventral inferior esquerda.**

Uma possibilidade é que **a causa da dislexia** reside em déficits fonológicos em muitas crianças porque existe uma desorganização nos locais mais superiores do lobo temporal

A **consequência** é a de que elas não desenvolvem representação visual para as cadeias de palavras na parte inferior do lobo temporal

Em estudos sobre a reabilitação da dislexia:

podemos ver a restauração de parte da área necessária para a leitura

É muito importante enfatizar a plasticidade do cérebro.

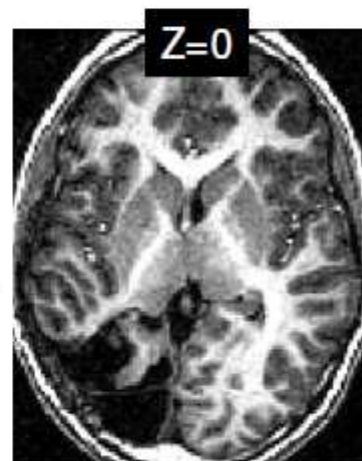
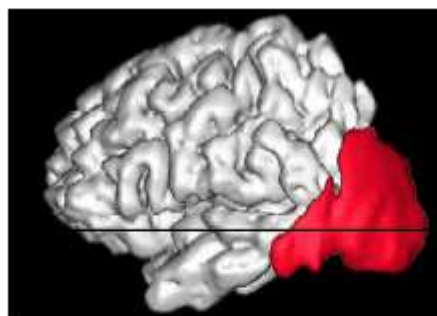
Essa plasticidade pode compensar os déficits em crianças nas quais faltam as estruturas normais para a leitura. Por exemplo...

FIGURA 12

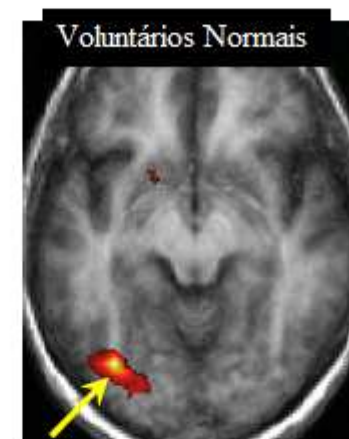
Plasticidade do cérebro para o sistema de leitura em crianças pequenas

Cohen, L., Lehericy, S., Henry, C., Bourgeois, M., Larroque, C., Sainte-Rose, C., et AL. (2004). Aprendendo a ler sem o lobo occipital esquerdo: transferência para o hemisfério direito da área da forma da palavra visual. *Ann Neurol*, 56(6), 890-894.

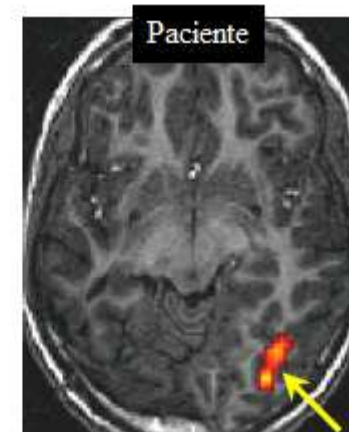
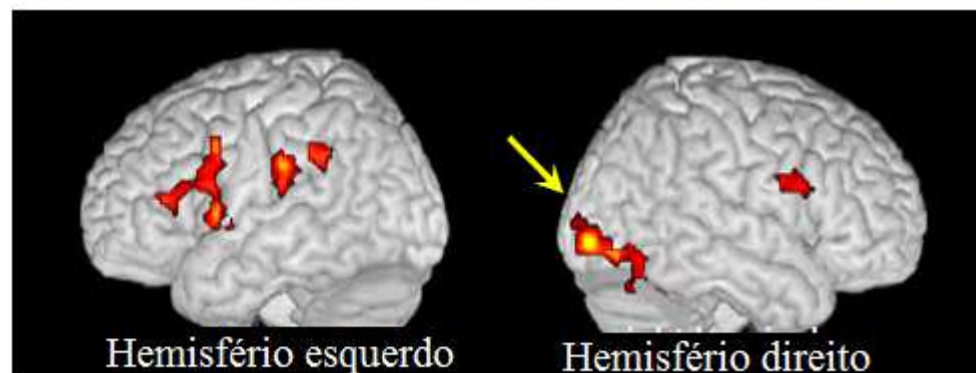
Mal de Sturges-Weber e intervenção cirúrgica praticada com a idade de 4 anos



Transferência da forma da área da palavra visual



Rede da leitura observada com a idade de 11 anos



... na Figura 12 se vê uma criança que sofria do mal de **Sturge-Weber**, uma severa desorganização do cérebro causada pela epilepsia. A criança foi operada com a idade de 4 anos e podemos ver que grandes lesões foram ocasionadas a fim de aliviar essa severa enfermidade. **Esses impactos lesionam a localização normal da área da forma da palavra visual, mas a criança aprendeu a ler, sem muita dificuldade, talvez um pouco mais tarde que o normal.**

Foi-nos possível escanear a menina com a idade de 11 anos. A descoberta surpreendente foi a de que todas as áreas da linguagem ainda estavam no hemisfério esquerdo, mas podemos ver que a localização da área da forma da palavra visual – as respostas visuais às palavras – transferiu-se completamente para o hemisfério direito.

O que é surpreendente é que essa localização no HD da paciente é o espelho simétrico exato da localização daquela dos voluntários normais que têm essa ativação da forma da palavra visual, no HE

Assim, parece que existe uma tendência para essa região esquerda para adquirir a capacidade de conectar a visão com a fala

Mas, se essa região faltar, como no caso dessa paciente, então, a parte equivalente HD está apta a assumir o comando.

Esse, é claro, é um caso de plasticidade extraordinária, que não pode ser encontrada em pacientes adultos.

Um paciente adulto com esse tipo de lesão, na maioria dos casos, certamente desenvolveria uma alexia pura.

Retomando à noção de reciclagem neuronal....

Reciclamos a área visual ventral esquerda e especializamos parte dela para a aprendizagem da leitura
- para a aprendizagem do reconhecimento das cadeias de letras

Mas, se a história for correta, também poderemos perder algumas de nossas capacidades que estavam inicialmente presentes nessa área.

Uma dessas capacidades pode ser

a capacidade de reconhecer imagens em espelho,
o que explicaria alguns dos interessantes padrões de mudança que ocorrem durante o curso da aprendizagem da leitura nas crianças

Os estímulos das faces na Figura 13, se tratam da mesma face numa imagem em espelho



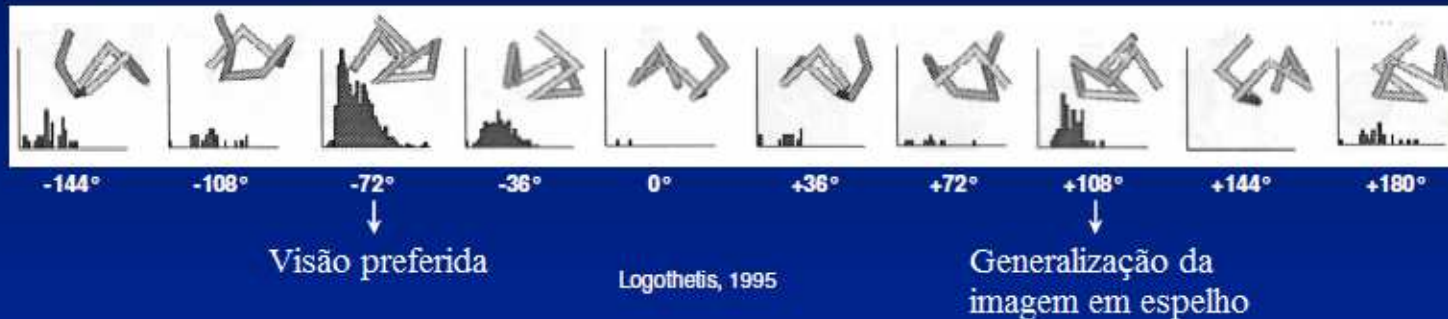
FIGURA 13

Um traço de reciclagem neuronal? Um “estágio de espelho” na aprendizagem da leitura

- Desenvolvemos, na evolução, um mecanismo de simetrização que ajuda a reconhecer as faces e os objetos, desprezando sua orientação



- Os neurônios ínfero-temporais espontaneamente generalizam imagens em espelho



- Essa “generalização da simetrização” pode ter que ser **desaprendida** quando aprendemos a ler

odil libo

Poderemos ter desenvolvido, na evolução, um mecanismo para simetrizar que nos ajuda a reconhecer faces e objetos, desprezando sua orientação e isto é muito útil porque na natureza muitos objetos devem ser vistos como sendo os mesmos, como se as direções opostas fossem espelhadas

Os neurônios da área visual reconhecem as imagens em espelho e respondem exatamente do mesmo modo às imagens em espelho nos objetos arbitrários

Essa generalização da simetria se encontra na criança?

Há muitos experimentos que mostram que os bebês reconhecem imagens em espelho e isto pode ter que ser **desaprendido**

Em outras palavras, uma propriedade do tecido antes da aprendizagem da leitura causa um problema que necessita ser levado em conta, ou descartado, quando aprendemos a ler, de tal modo que não reconhecemos mais os estímulos como sendo simétricos, ou idênticos.

A criança tem que aprender isso porque existem letras

como “p” e “q”, ou “b” e “d”

que são espelhos uma da outra e, se a teoria está correta, isto não tem nada a ver com dislexia; é algo que é completamente genérico, parte do aparato de todas as crianças

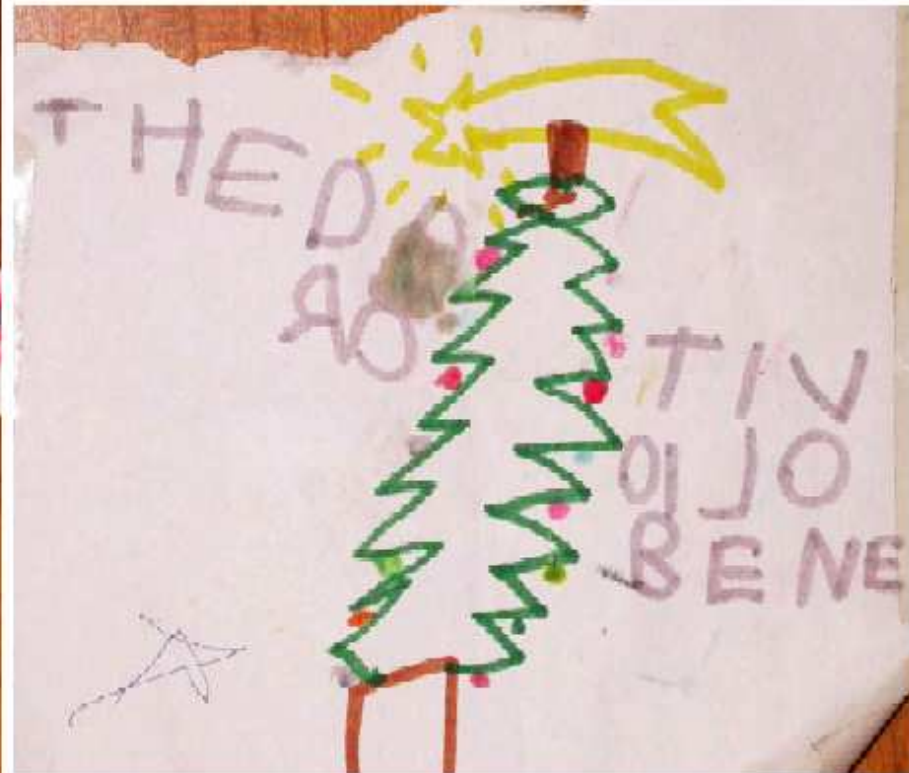
Existe evidência para isso, no fato de que **muitas crianças pequenas, quando começam a escrever, são muito aptas em imagem espelhada**, tal como se fosse uma direção normal. De fato, quando lêem esses estímulos, nem se dão conta de que existe um problema

FIGURA 14

Escrita em espelho em crianças



A reinvenção do “bustrofédon”



(com agradecimentos a Manuela Piazza e a Marc Smith)

Esse foi o caso de uma criança que estava escrevendo seu nome, Leone, em imagem espelhada, da direita para a esquerda.

Figura 14:

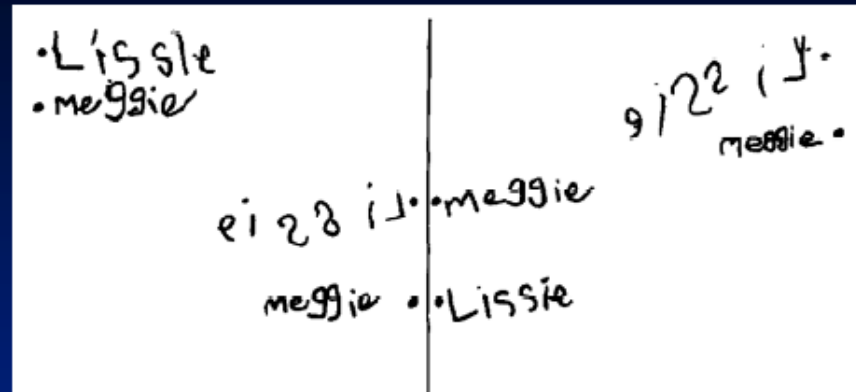
Algumas crianças reinventam o que é chamado de
“bustrofédon”



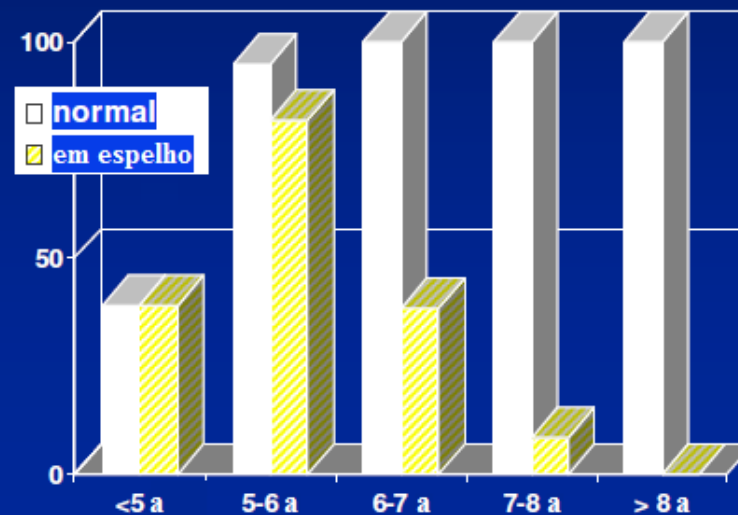
a escrita da esquerda para a direita e
então da direita para a esquerda

FIGURA 15

Um traço de reciclagem neuronal? Um “estágio de espelho” na aprendizagem da leitura



% de crianças
capazes de
escrever seus
nomes



(Dados de Cornell, 1985)

Idade das crianças

Dados: toda a criança passa pelo estágio do espelho numa idade específica quando se tornam capazes de escrever seu nome espelhado. Isso é significativo, talvez, quando aprendem a ler.

Talvez o que esteja acontecendo com as crianças disléxicas – na maioria delas – é que elas precisam de mais tempo para desaprender essa capacidade de espelhar as imagens.

Por isso, na maioria dos casos, podemos separar a peculiaridade da criança pequena em espelhar a imagem do problema da dislexia: **a dislexia se reflete apenas no fato de que existe um retardo no processo de desaprender.**

Esse processo de desaprender é uma chave clara de que estamos utilizando um córtex que tem uma função primordial

– nesse caso, a de reconhecer imagens em espelho,
e o estamos reciclando para outra função

Conclusões

- Embora a escrita seja uma invenção cultural recente e mostre um vasto grau de variação cultural, a aquisição da leitura não consiste em “abastecer uma folha em branco da mente” – (o modelo *blank slate* de Locke).
- Somos capazes de ler porque herdamos da evolução um sistema de reconhecimentos dos objetos eficiente como plasticidade suficiente para aprender novas formas e com conexões relevantes para ligá-las às áreas da linguagem existentes.
- Aprendemos a ler com um sistema similar do cérebro.
- O ensino da leitura precisa ser efetuado bem cedo nas crianças, quando esse circuito atinge sua plasticidade máxima. Nos adultos, a aprendizagem (pelos analfabetos) ou a reabilitação (dos pacientes com alexia) pode ocorrer, mas com eficiência reduzida.

Conclusões

A escrita

- uma invenção cultural recente, que precisa ser acomodada no cérebro
- apresenta algum grau de variação cultural, mas não é, em absoluto, exatamente igual ao que John Locke considerou “uma folha em branco da mente”, ou uma espécie de folha em branco que é preenchida com a aquisição da leitura

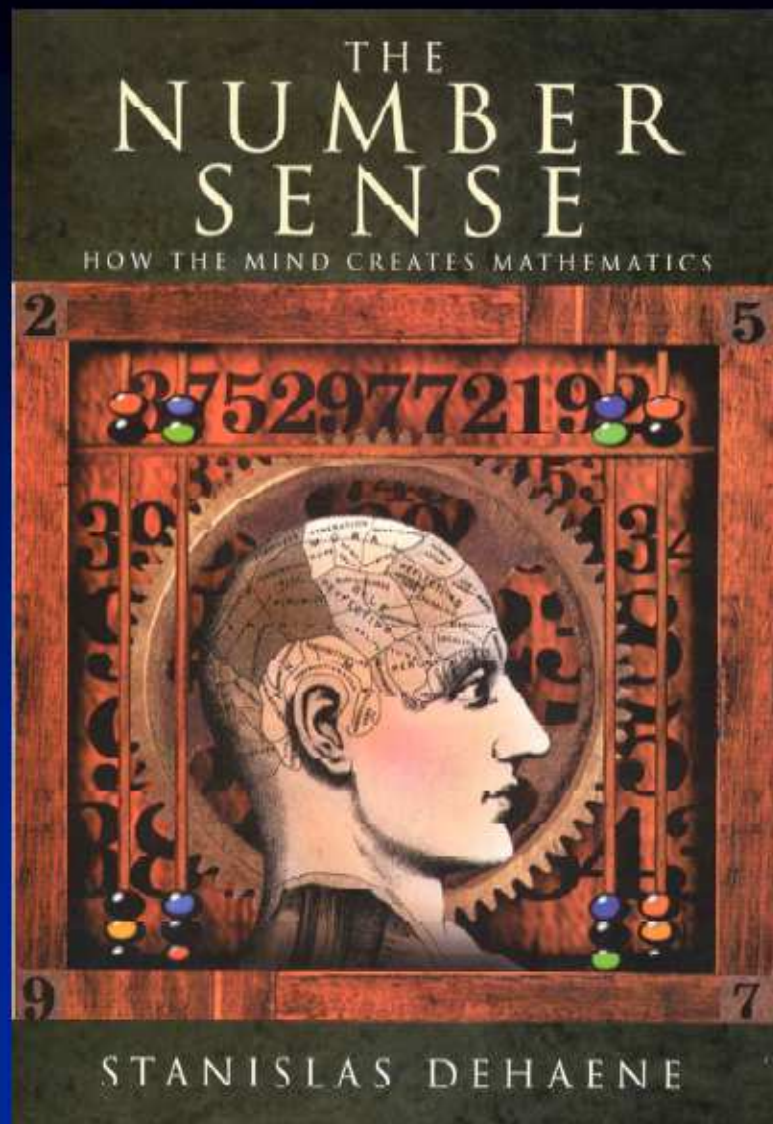
Somos capazes de aprender a ler, porque herdamos de nossa evolução um sistema de reconhecimento dos objetos eficiente que possui plasticidade suficiente para aprender novas formas e para aprender as conexões relevantes que ligam as formas às áreas existentes da linguagem verbal

Exploramos isso em nossos sistemas de leitura

Aprendemos a ler com um sistema similar do cérebro e, em consequência, o **ensino da leitura** precisa ser feito com cuidado em crianças pequenas, quando esse circuito atingiu sua plasticidade máxima

Nos adultos, podemos conseguir alguma aprendizagem e alguma reabilitação, mas com uma eficiência muito reduzida

QUADRO 2



« Reading in the brain »
To appear soon at Penguin/Viking

STANISLAS DEHAENE

LES NEURONES DE LA LECTURE



préface de
Jean-Pierre Changeux



Se desejarem leitura suplementar, algumas dessas idéias estão mais desenvolvidas nos livros que escrevi. *The number Sense* é mais sobre números e o livro sobre leitura, *Les Neurones de la Lecture* já está disponível em francês, inglês e, em breve, em português (esse último, em tradução de Leonor Scliar-Cabral a ser publicado pela ArtMed, Porto Alegre).