

SISTEMAS CEREBRAIS DISTINTOS PARA O PROCESSAMENTO DE CONCEITOS CONCRETOS E ABSTRATOS

Distinct Brain Systems for Processing Concrete and Abstract Concepts

J. R. Binder, C. F. Westbury, K. A. McKiernan, E. T. Possing, D. A. Medler

2005

Apresentação: Eliandra Viana

ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO

I- Introdução

- Informações gerais
- Questão e hipóteses
- Concretos e abstratos

III- Metodologia do estudo

IV- Resultados e discussões

V- Resumo das áreas de ativação cerebral

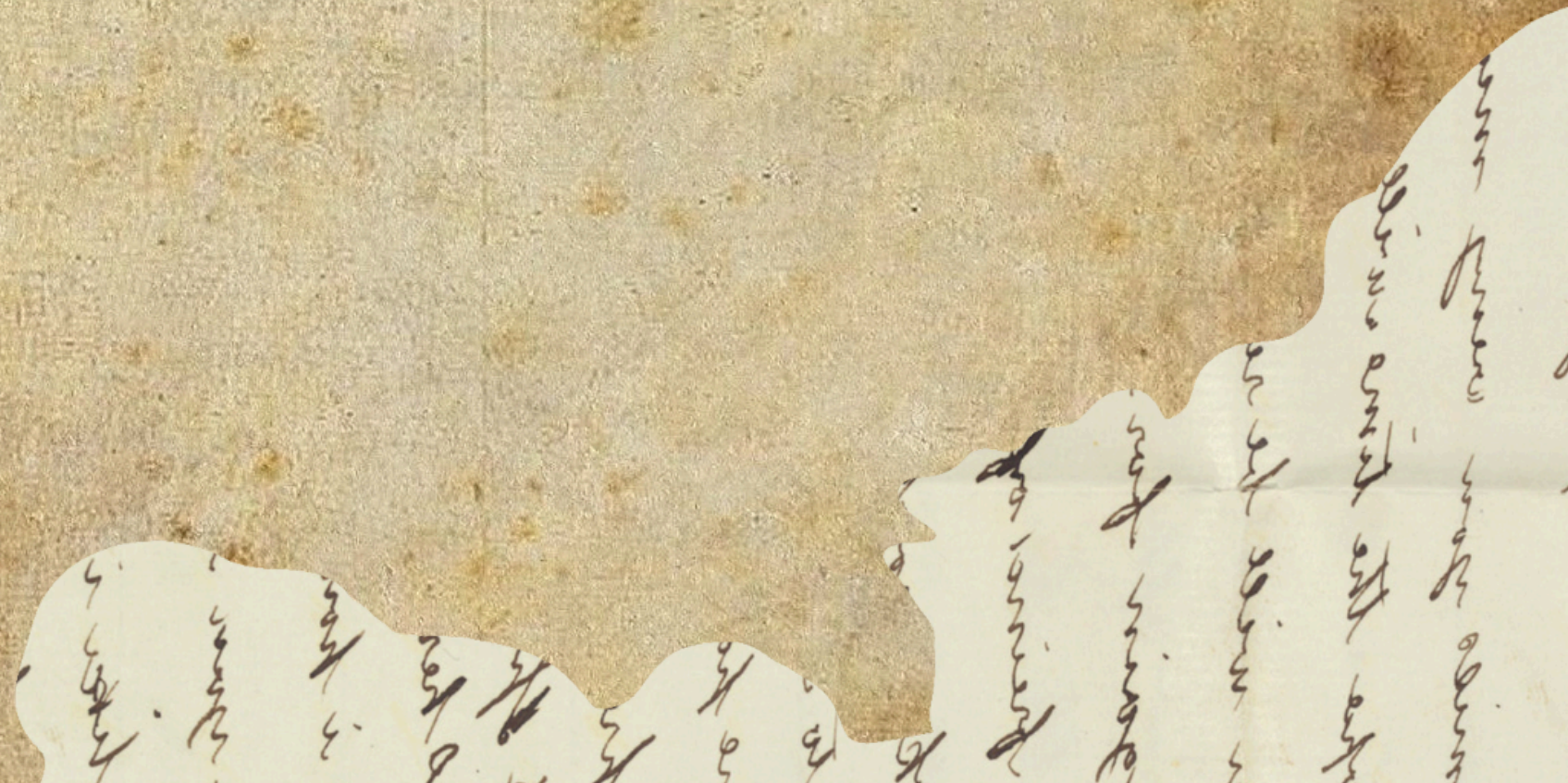
VI- Conclusões

VII- Apêndice (dados técnicos)

II- Pressupostos teóricos

- Teoria da Dupla Codificação (Paivio, 1971, 1986)
- Teoria da Disponibilidade de Contexto

I- INTRODUÇÃO



- 
- Estudo de neurociência que observa a natureza das representações semânticas;
 - Ressonância magnética funcional (fMRI);
 - Investigação sobre como o cérebro diferencia o processamento de termos concretos e abstratos.



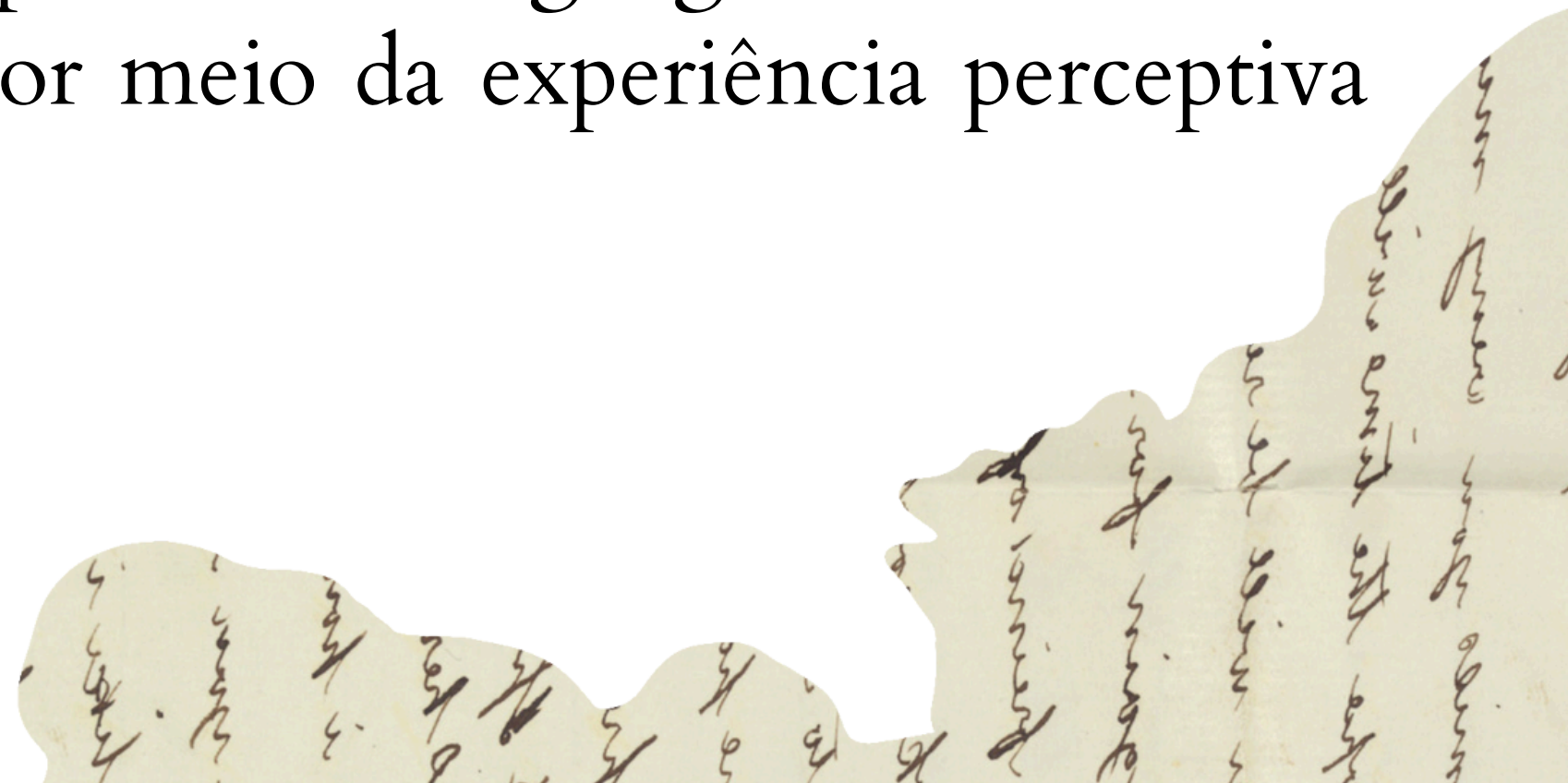


Como os significados das palavras são representados na mente?

Duas hipóteses:

1- por relações associativas entre palavras (dicionário, significado, recuperação de outras palavras) (Deese, 1965; Noble, 1952)

2- tendo, em grande parte, o significado separado da linguagem, envolvendo "imagens" sensoriais e motoras aprendidas por meio da experiência perceptiva (James, 1890; Wernicke, 1874).



II- CONCRETOS E ABSTRATOS

Concretos

- vantagem no processamento, porque ativam códigos baseados em imagens em maior grau do que palavras abstratas;
- rapidez^{*} e memória^{**} (vantagem no processamento);
- mais resistentes em caso de danos cerebrais^{***};
- ativação bilateral e simétrica;

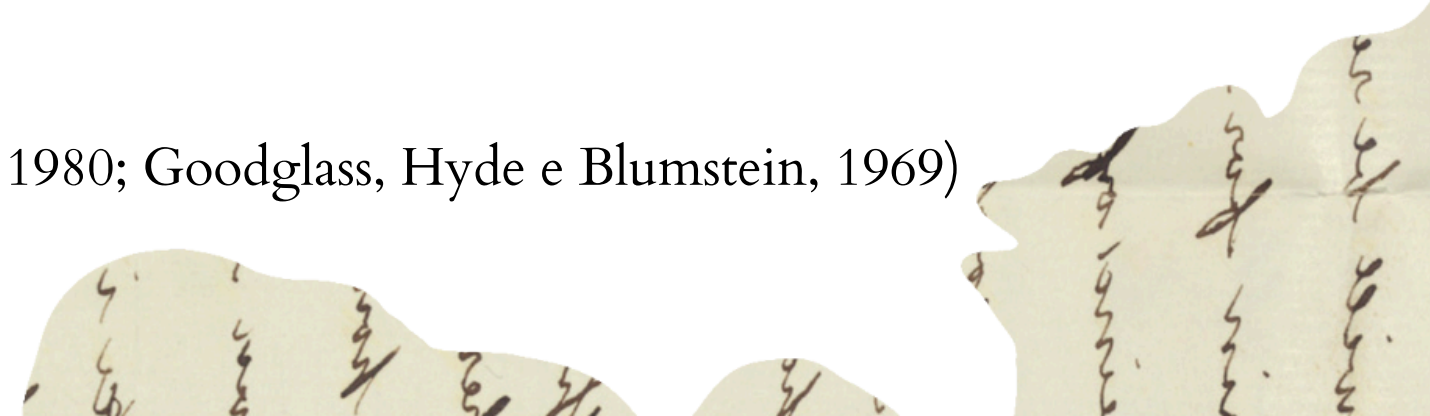
Abstratos

- memória fonológica e recuperação lexical;
- forte lateralização do hemisfério esquerdo;

^{*}(Strain, Patterson e Seidenberg, 1995; Kroll & Merves, 1986; James, 1975)

^{**}(Paivio, 1971)

^{***}(Katz & Goodglass, 1990; Roeltgen, Sevush, & Heilman, 1983; Coltheart, Patterson e Marshall, 1980; Goodglass, Hyde e Blumstein, 1969)



A tabela 1 tem como objetivo mostrar o rigor metodológico.

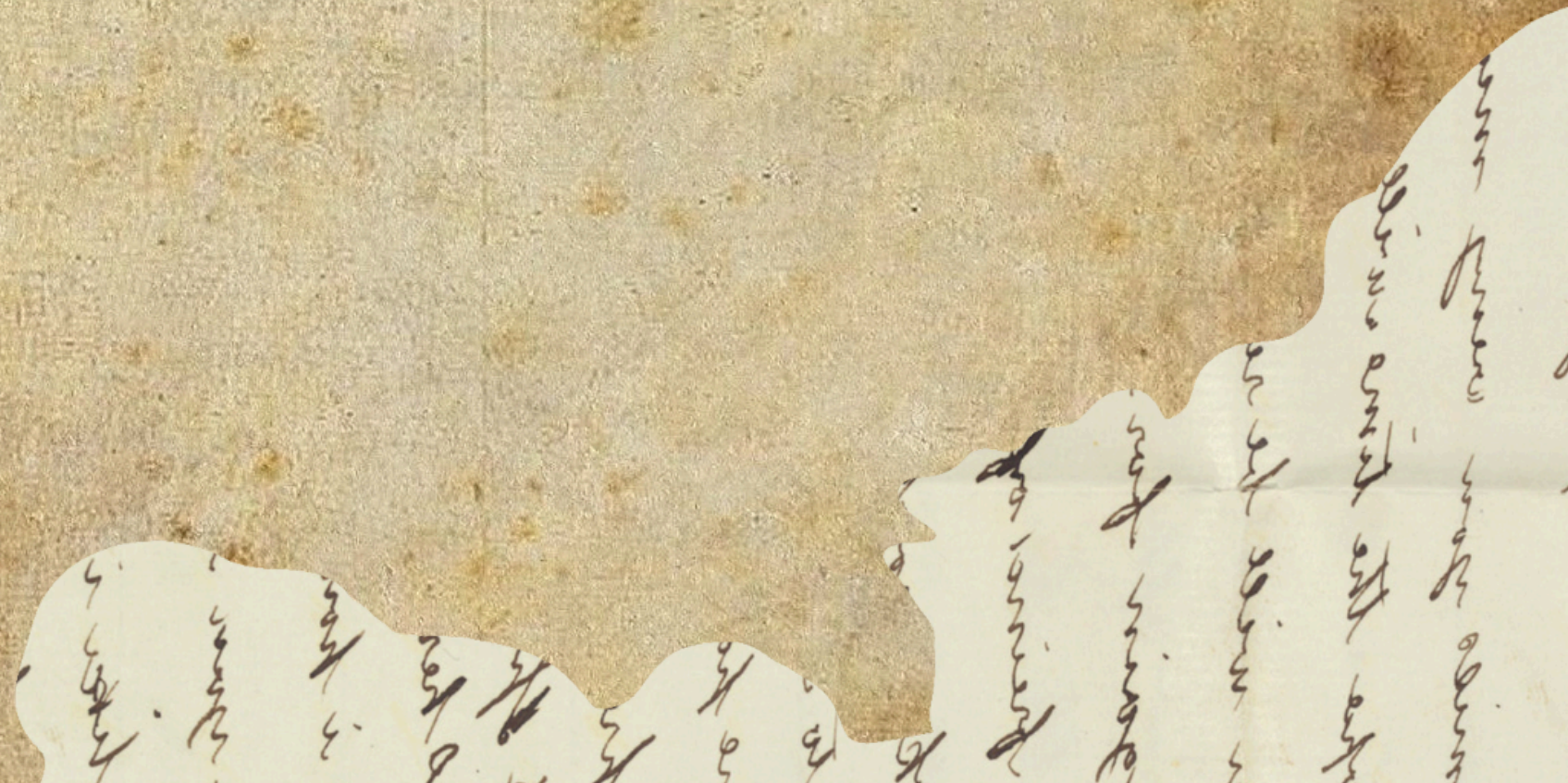
Table 1. Summary Statistics (Mean and *SD*) for the Three Stimulus Conditions, and *p* Values for Main Condition Effects on Each Variable

<i>Condition</i>	<i>Letters</i>	<i>Phonemes</i>	<i>MPBF</i>	<i>ON</i>	<i>WFreq</i>	<i>Concr</i>	<i>Img</i>
Concrete	5.5 (0.7)	4.7 (1.0)	780 (460)	2.2 (3.3)	25 (30)	586 (46)	604 (19)
Abstract	5.5 (0.7)	4.8 (1.0)	795 (543)	1.9 (3.2)	34 (35)	310 (44)	328 (33)
Nonword	5.4 (0.8)	4.7 (1.0)	846 (607)	1.9 (3.2)	–	–	–
<i>p</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<.0001	<.0001

MPBF = mean positional bigram frequency; ON = orthographic neighborhood size; WFreq = word frequency; Concr = concreteness rating; Img = imageability rating. MPBF and WFreq reflect counts per million words.

A Tabela 1 resume as propriedades físicas, ortográficas, fonológicas e semânticas das três categorias de estímulos utilizadas no estudo (Palavras Concretas, Palavras Abstratas e Pseudopalavras/Não-palavras)

II- PRESSUPOSTOS TEÓRICOS



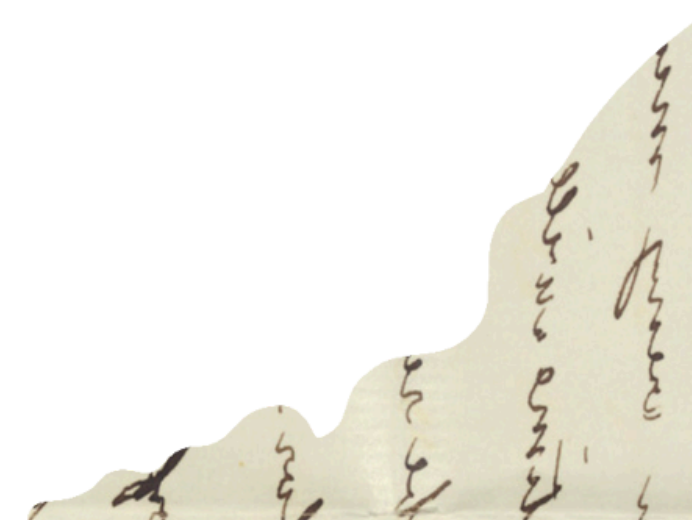
- 
- Teoria da Disponibilidade de Contexto
 - Teoria da Dupla Codificação da memória semântica (Paivio, 1971, 1986)
- 

Teoria da Disponibilidade de Contexto

(Schwanenflugel, 1991; Schwanenflugel & Stowe, 1989)

- sistema único para acessar os significados concretos e abstratos;
- a teoria prevê que palavras concretas e abstratas devem recrutar exatamente as mesmas regiões cerebrais, variando apenas na intensidade ou extensão do sinal BOLD* (que seria mais forte para palavras concretas);
- as palavras são associadas a uma rede de experiências anteriores e a um contexto;
- é uma evidência contrária à Teoria da Dupla Codificação;
- falha ao explicar: (1) a ativação do hemisfério direito para concretos e (2) a ativação igual no giro temporal médio (deveria ser mais intensa para concretos).

*Nível de oxigenação sanguínea

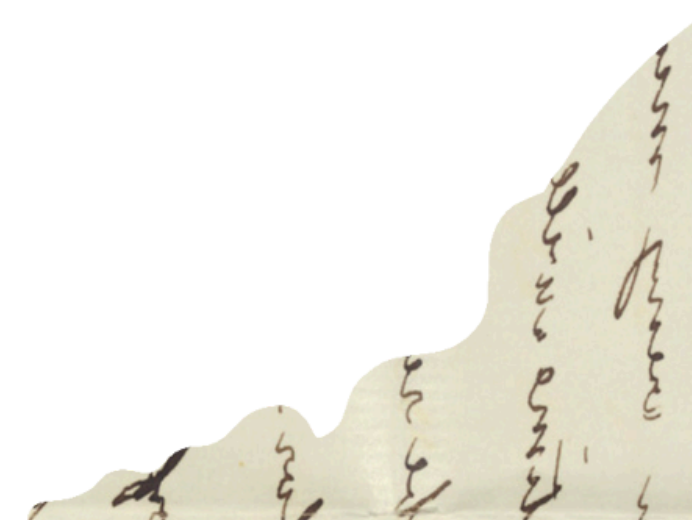


Teoria da Dupla Codificação (Paivio, 1971, 1986)

Essa teoria postula dois sistemas distintos para o processamento de significados de palavras: (1) um composto por conhecimento verbal baseado em palavras e (2) o outro composto por conhecimento não verbal baseado em imagens.

Leva em consideração:

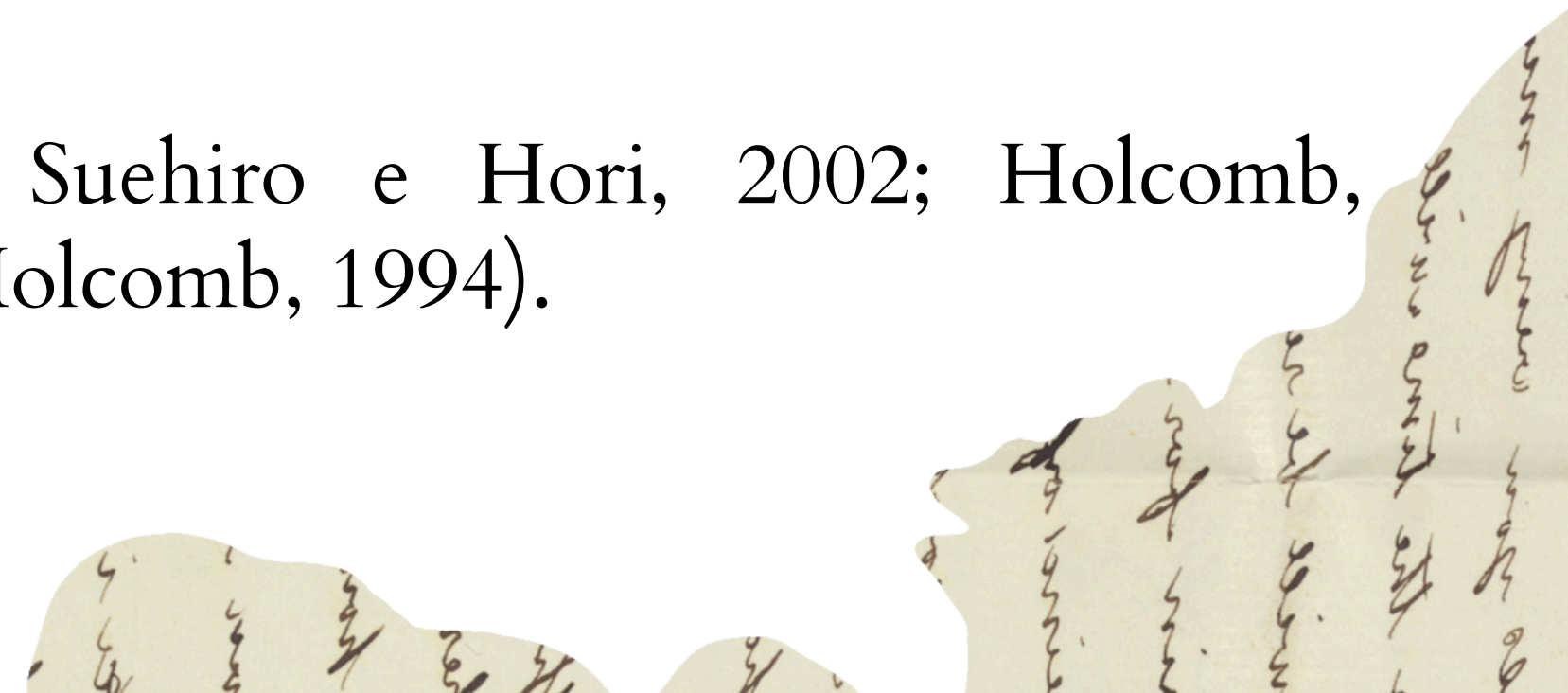
- Sistema verbal: hemisfério esquerdo;
- Sistema de imagens: bilateral.



Teoria da Dupla Codificação (Paivio, 1971, 1986).

Apoio a esse modelo:

- **estudos de campo visual sobre reconhecimento de palavras:** (Chiarello, Senehi e Nuding, 1987; Deloche, Seron, Scius e Segui, 1987; Day, 1979);
- **estudos de “split-brain” (cérebro dividido) e outros pacientes com lesões cerebrais:** (Coslett & Monsul, 1994; Coslett & Saffran, 1989; Coltheart et al., 1980; Zaidel, 1978);
- **experimentos eletrofisiológicos:** (Nittono, Suehiro e Hori, 2002; Holcomb, Kounios, Anderson e West, 1999; Kounios & Holcomb, 1994).





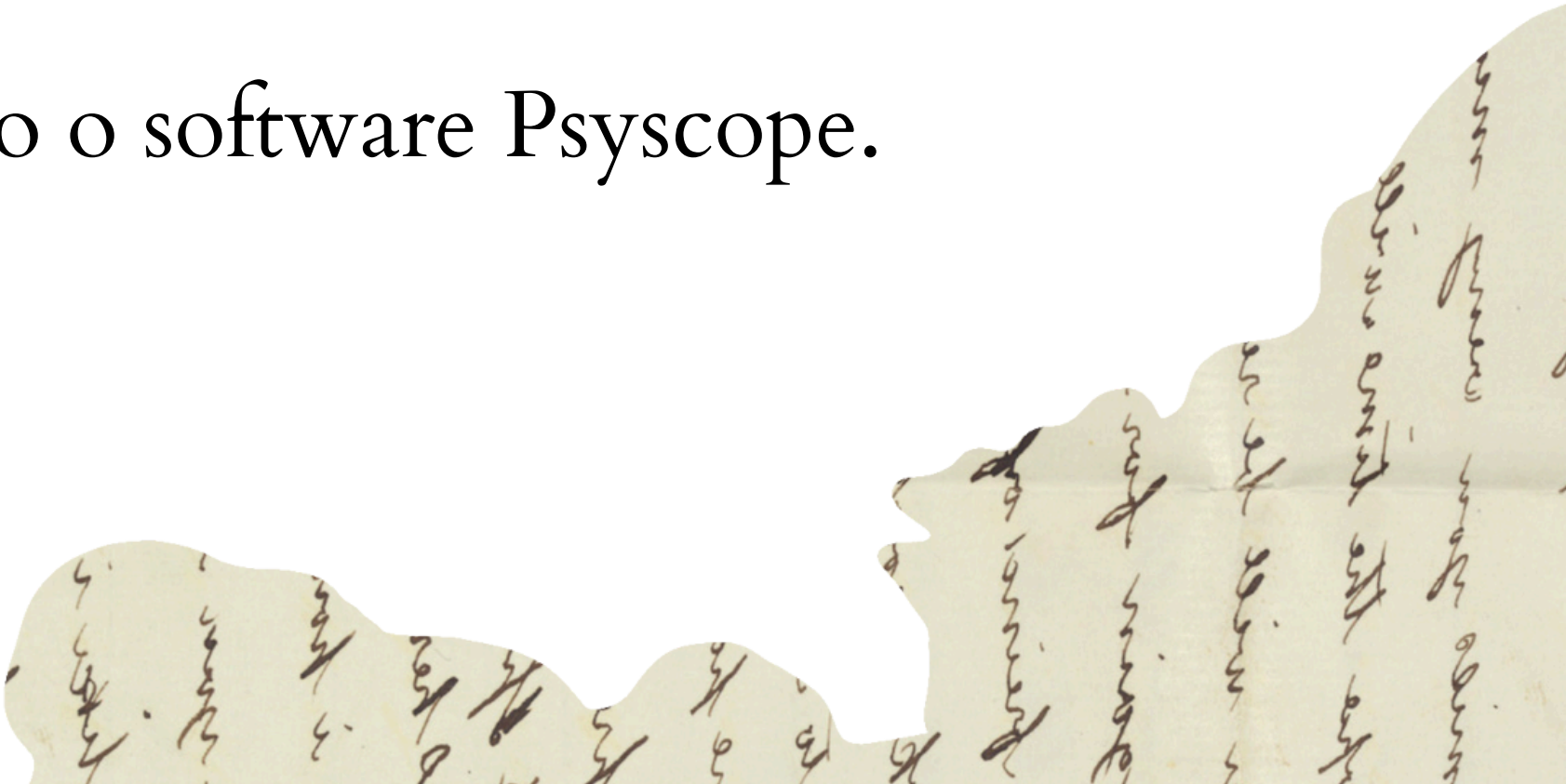
Mas... Segundo os autores, o modelo de codificação permanece em disputa.

Vários experimentos de neuroimagem funcional não forneceram evidências do envolvimento do hemisfério direito no processamento de palavras concretas, conforme previsto pela teoria da dupla codificação (Noppeney & Price, 2004; Fiebach & Friederici, 2003; Grossman et al., 2002; Friederici, Opitz, & von Cramon, 2000; Kiehl et al., 1999; Perani et al., 1999).

Existem também evidências contraditórias provenientes de estudos comportamentais.



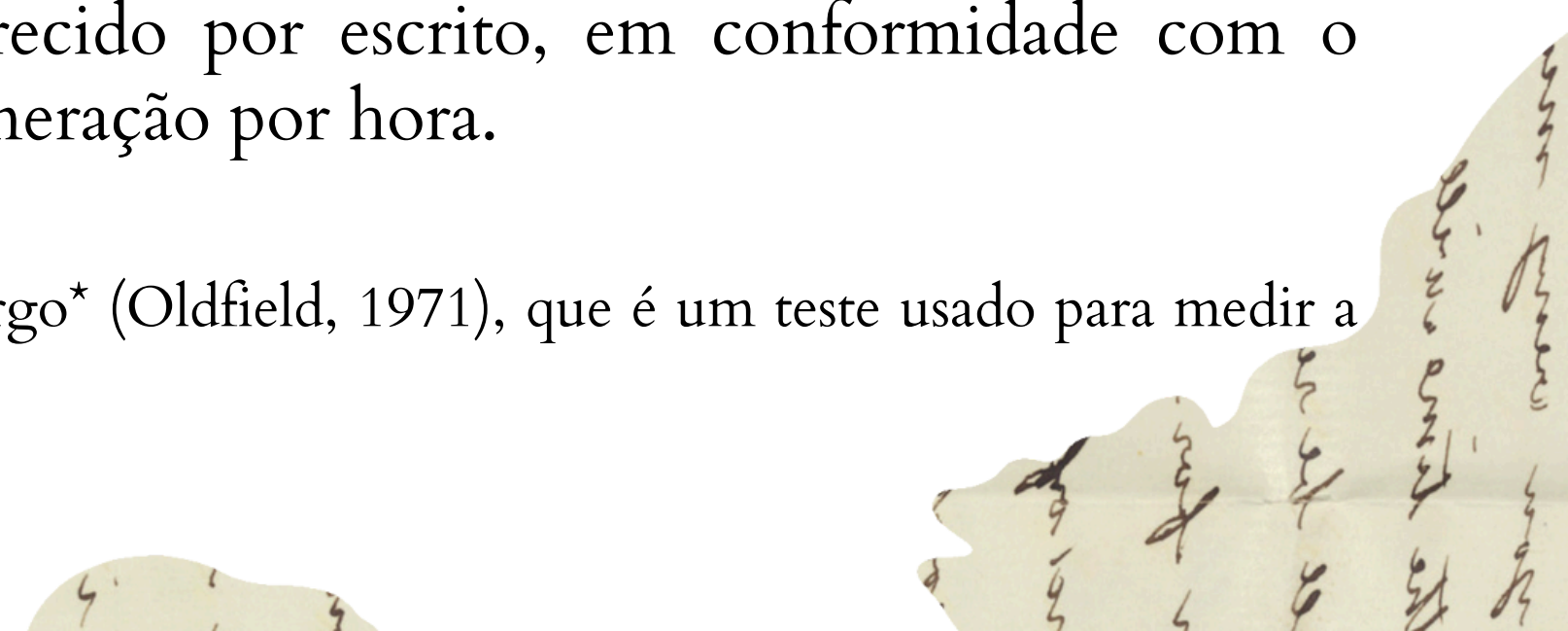
III- METODOLOGIA

- 
- tarefa de decisão lexical;
 - fMRI relacionada a eventos (Ressonância Magnética Funcional);
 - dados de precisão e tempo de resposta (TR);
 - estímulos pareados por frequência e ortografia;
 - os participantes categorizaram os itens como palavras ou pseudopalavras;
 - ordem de apresentação dos estímulos era randomizada;
 - decisão imediata;
 - experimento feito em computador, usando o software Psyscope.
- 

- **Variáveis independentes:**
 - palavras concretas, palavras abstratas e não-palavras/pseudopalavras;
- **Participantes:**
 - 24 adultos saudáveis e alfabetizados (13 mulheres);
 - destros*;
 - idades entre 20 e 50 anos;
 - sem histórico de doenças neurológicas ou dificuldades de aprendizagem.
 - escolaridade entre 14 a 24 anos (mediana = 16);
 - inglês como L1.

Todos os participantes forneceram consentimento livre e esclarecido por escrito, em conformidade com o comitê de ética em pesquisa da instituição, e receberam uma remuneração por hora.

Condição determinada de acordo com o Inventário de Lateralidade de Edimburgo (Oldfield, 1971), que é um teste usado para medir a lateralidade de um indivíduo, a partir de um conjunto de tarefas da vida diária.



• Materiais

- 200 estímulos: palavras em inglês e pseudopalavras com 4 a 6 letras;
- controle dos estímulos: frequência (baixa e média) de ocorrência (uso do banco lexical CELEX), comprimento de letras, fonemas, frequência média de bigramas posicionais e tamanho da vizinhança ortográfica;
- 50 palavras concretas com alto grau de imaginabilidade e concretude**;
- 50 palavras abstratas com baixo índice imagético;
- As 100 pseudopalavras (facilmente pronunciáveis) geradas por meio de encadeamento de Markov*, com base nas frequências de bigramas específicos de posição do banco de dados CELEX;
- estímulos gerados por computador (software Psyscope).

*Modelo matemático de probabilidade e previsão de sequências de eventos.

**As classificações de imaginabilidade e concretude apresentaram forte correlação ($r = 0,944$, $p < 0,0001$).

Critérios de formação da lista (apresentação parcial): parâmetros ortográficos e fonológicos e frequência de palavras.



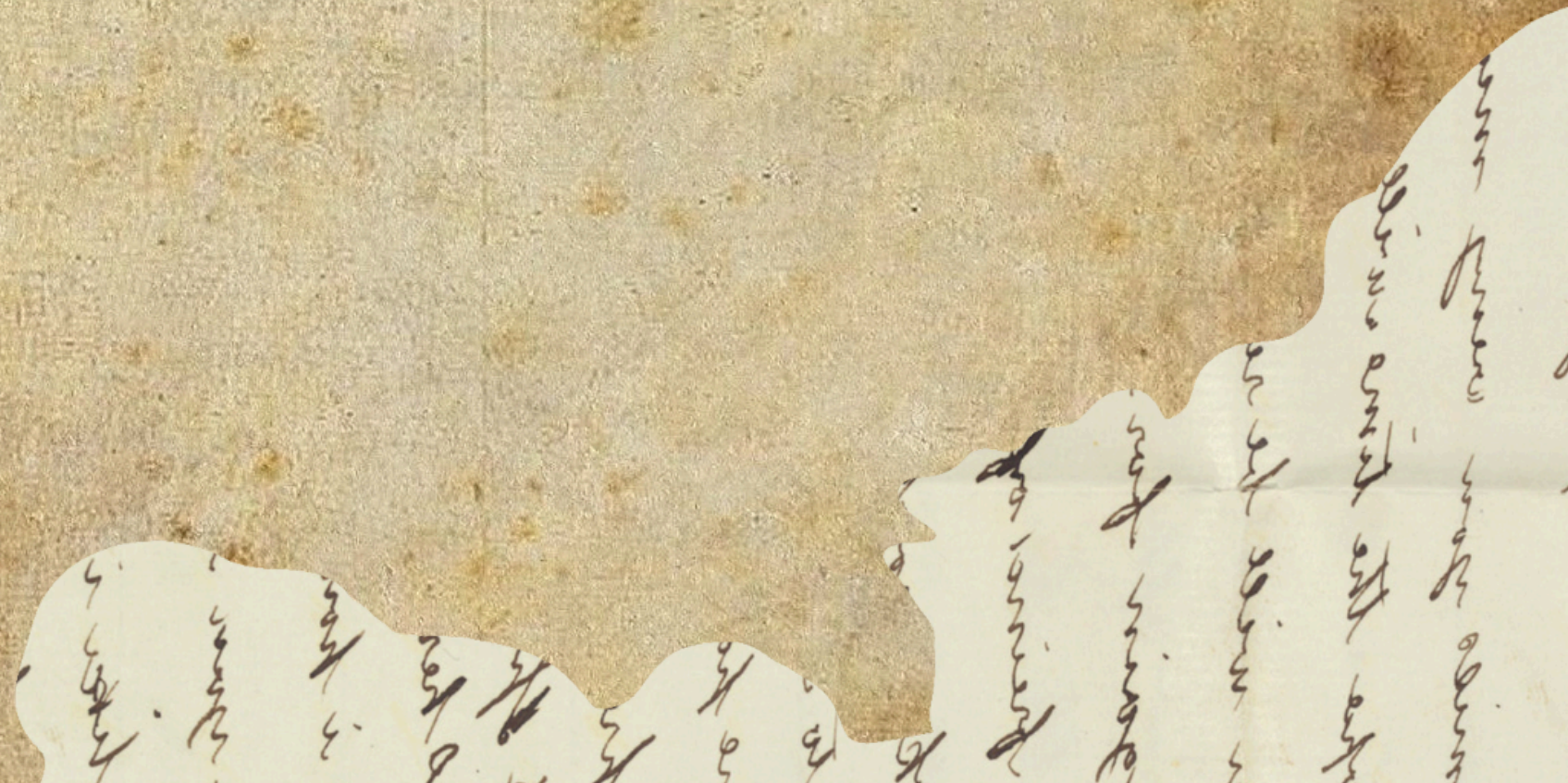
APPENDIX 1. Stimulus Items

<i>Concrete Words</i>	<i>Abstract Words</i>	<i>Pseudowords</i>	
apple	advice	ablize	kolist
autumn	affair	aborz	komly
banana	aspect	afle	lakty
bridge	assent	alally	liezed
cabin	belief	alteed	loober
canal	blame	amteed	marate
carrot	claim	arepla	mareet
casket	custom	arjen	marnch
cement	debut	arkant	meese
chin	deceit	avinge	mopast
circus	desire	baktry	morty

- projetor de cristal líquido usado para projetar os estímulos na parte traseira de uma tela localizada próxima aos pés do participante, que era visualizada através de lentes prismáticas*;
- estímulos apresentados em fonte Geneva minúscula branca sobre um fundo preto e subtendiam um ângulo visual horizontal médio de cerca de 38° no centro do campo de visão;
- A duração do estímulo: 1 segundo. Uma cruz de fixação aparecia durante cada intervalo entre estímulos, os quais podiam ter duração de 2, 4, 6 ou 8 segundos. As respostas eram dadas pressionando uma das duas teclas com o dedo indicador ou médio da mão direita.

*Elas são utilizados normalmente para desviar a luz e/ou a imagem.

IV- RESULTADOS E DISCUSSÕES



A análise relacionada a eventos das imagens de ressonância magnética funcional (fMRI) dependentes do nível de oxigenação sanguínea (BOLD) foi conduzida modelando os ensaios individuais de palavras e pseudopalavras como eventos discretos e cálculo de uma estimativa da resposta hemodinâmica a cada tipo de evento.

RESULTADOS COMPORTAMENTAIS

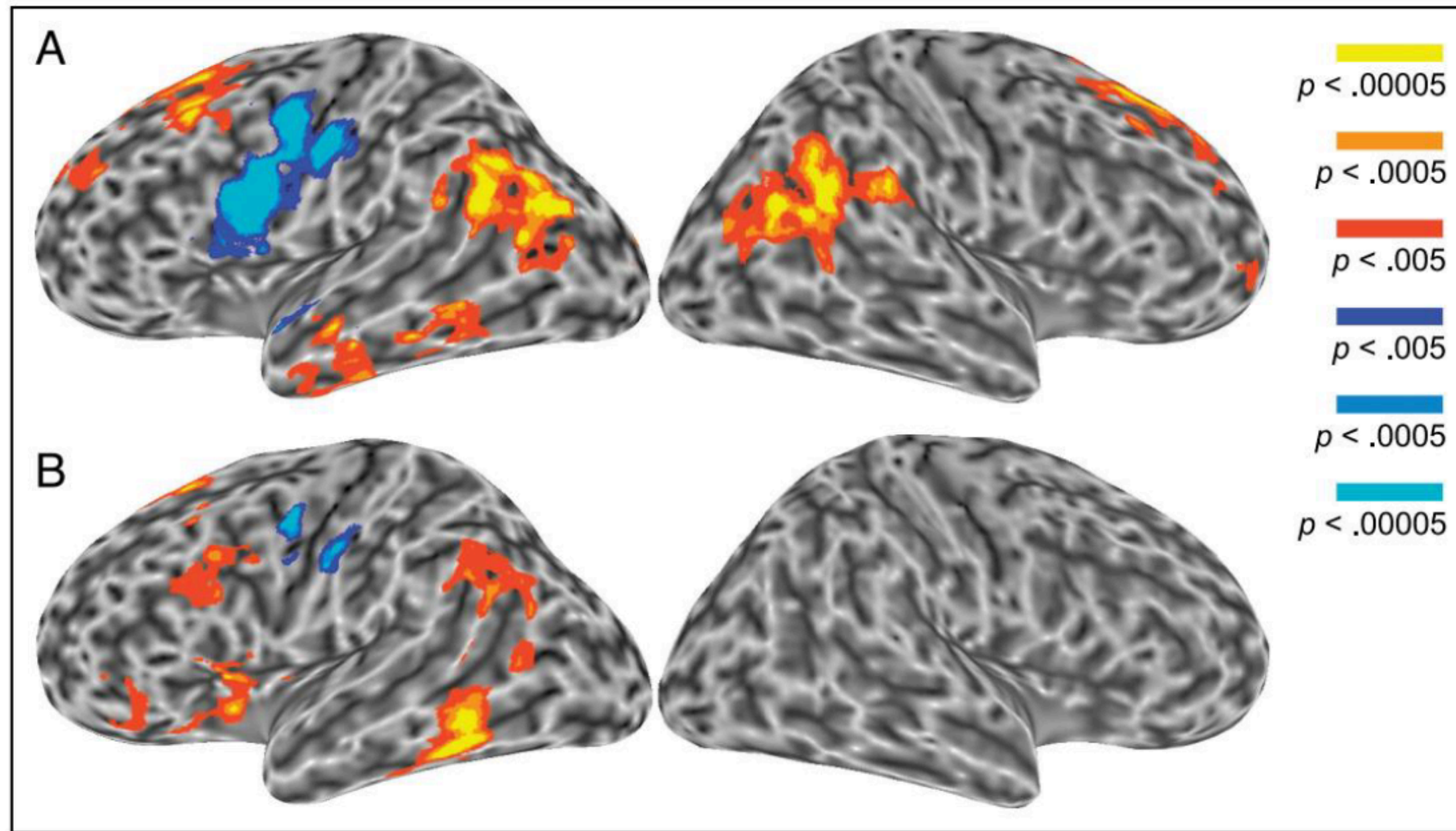


Fig. 1A: contraste de ativação entre **palavras concretas e pseudopalavras**:

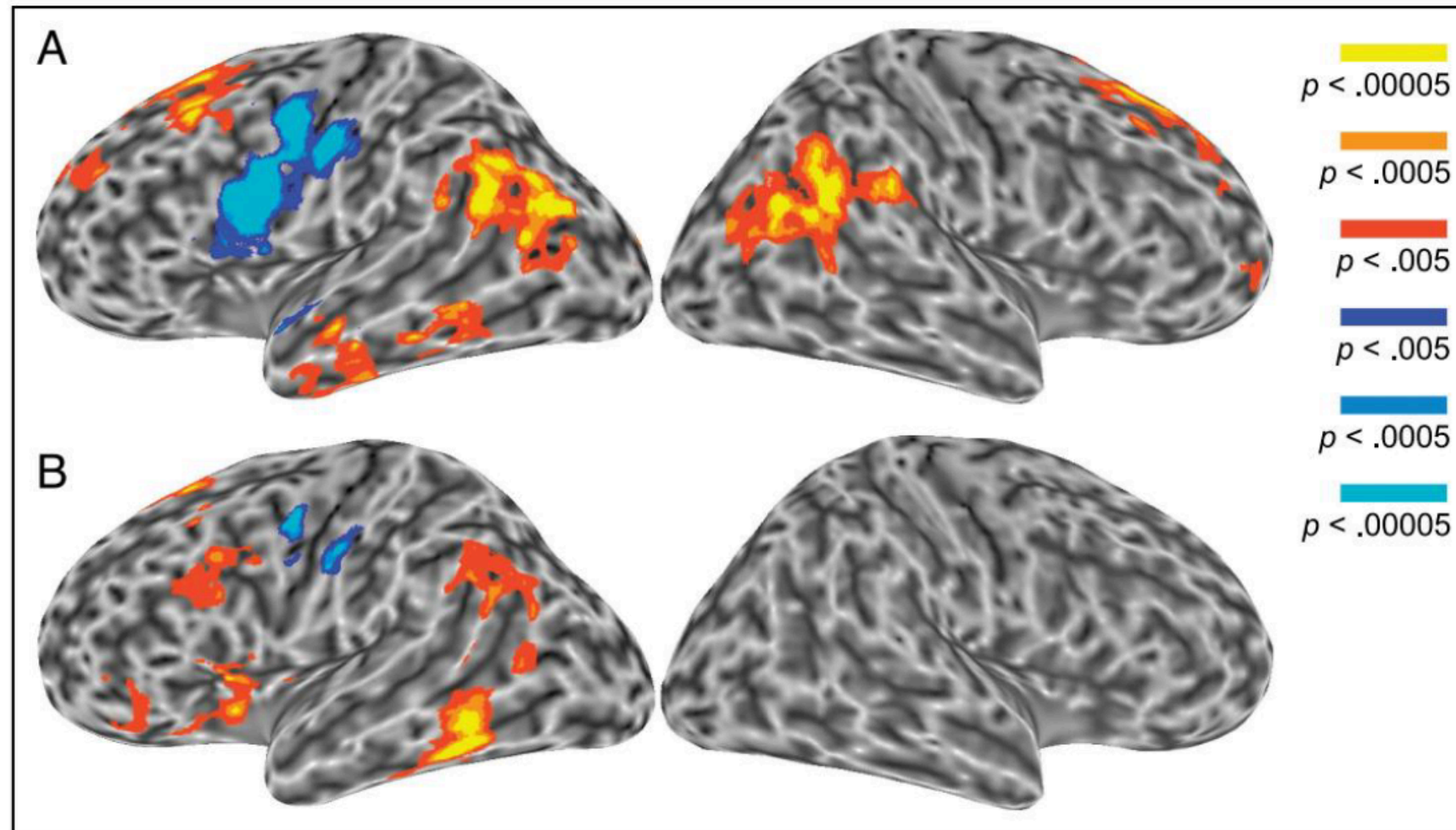
- rede semântica bilateral (quente): giro angular bilateral, giros temporal médio e inferior esquerdos, córtex pré-frontal dorsal esquerdo, giro cingulado posterior bilateral, precúneo e regiões do hipocampo/parahipocampo esquerdos.
- hemisfério esquerdo (áreas azuis): giro frontal inferior, córtex pré-motor, área motora suplementar e polo temporal dorsal. (decifrar uma pseudopalavra exige esforço muito controlado de memória de trabalho fonológica e busca lexical).

Cores quentes: regiões que ativaram mais fortemente para as palavras reais.

Cores frias: áreas que ativaram mais para as *nowords*.

Fig. 1B: contraste de ativação entre **palavras abstratas e pseudopalavras**.

- **lateralização à esquerda (cores quentes):** na área semântica verbal (giro angular, giros temporal médio e inferior e córtex pré-frontal dorsal).
- **manchas azuis no hemisfério esquerdo:** (extremamente reduzidas) sugere similaridade. Nível de esforço fonológico similar nessas áreas perisylvianas.



(Fig. 1A) Palavras concretas e pseudopalavras

- As ativações adicionais do hemisfério direito no contraste entre palavras concretas e pseudopalavras revelam diferença notável no **padrão de lateralização hemisférica** (concretas - **ativação bilateral**, com uma modesta assimetria para a esquerda. As ativações das **palavras abstratas** (Fig. 1B) ficaram **quase inteiramente confinadas ao hemisfério esquerdo**.

- Com exceção dos giros temporal médio e inferior esquerdos, a **ativação cerebral apareceu mais abrangente para o contraste concreto-nonword** (Fig. 1A);
- A **ativação mais forte para *nonwords***, incluindo o lobo frontal inferior e dorsolateral esquerdo, o córtex pré-motor esquerdo, a área motora suplementar esquerda e o polo temporal dorsal esquerdo. **Essas diferenças foram muito menos evidentes no contraste entre palavras abstratas e pseudopalavras** (Fig. 1B), sugerindo um maior grau de similaridade no processamento dessas duas variáveis.

RESULTADO

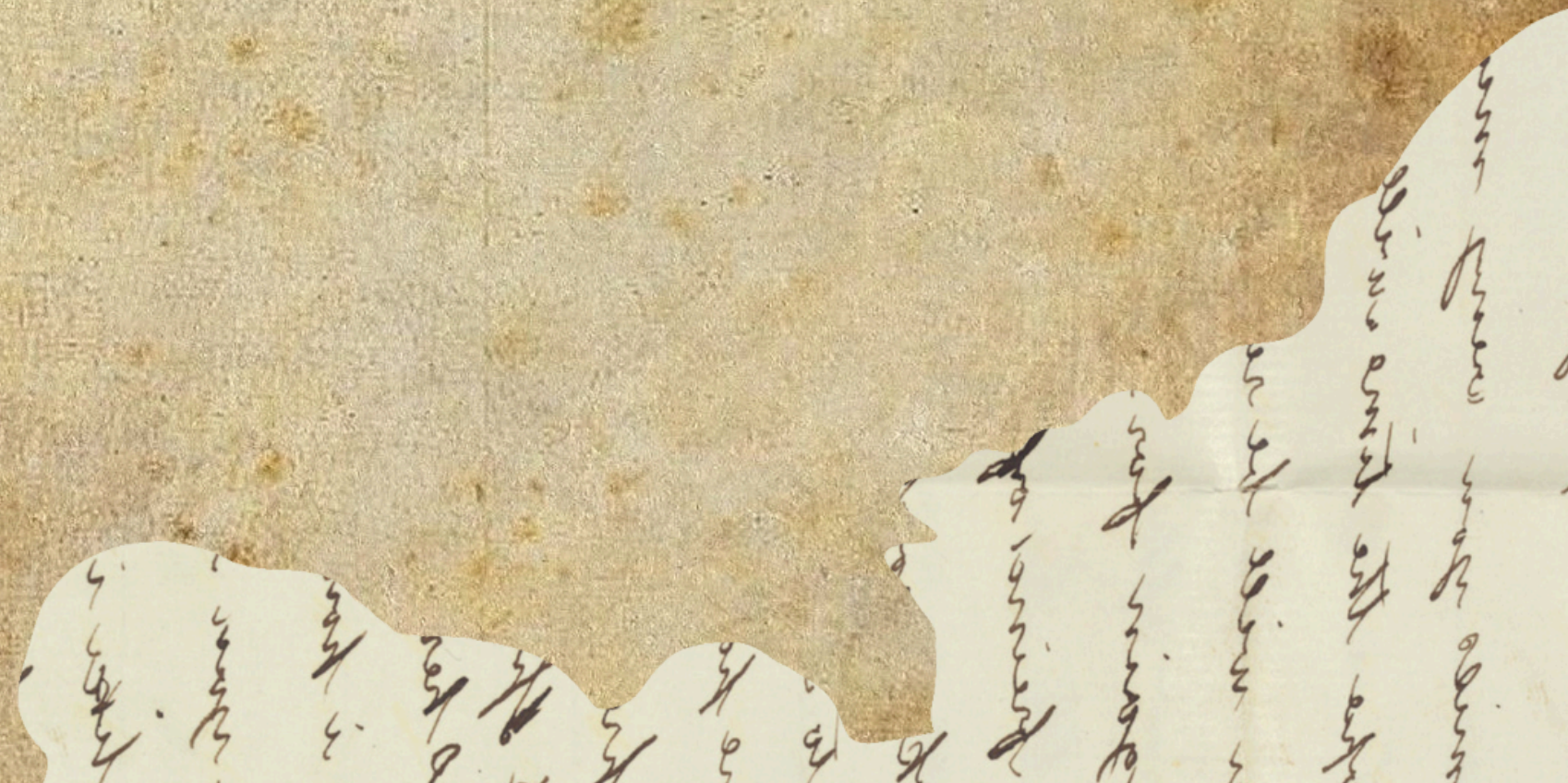
- Os contrastes pareados mostraram uma vantagem significativa dos itens:
 - concretos sobre os abstratos [$F(1,23) = 15,72, p < 0,0001$];
 - concretos sobre pseudopalavras [$F(1,23) = 54,90, p < 0,0001$];
 - abstratos sobre pseudopalavras [$F(1,23) = 35,36, p < 0,0001$].

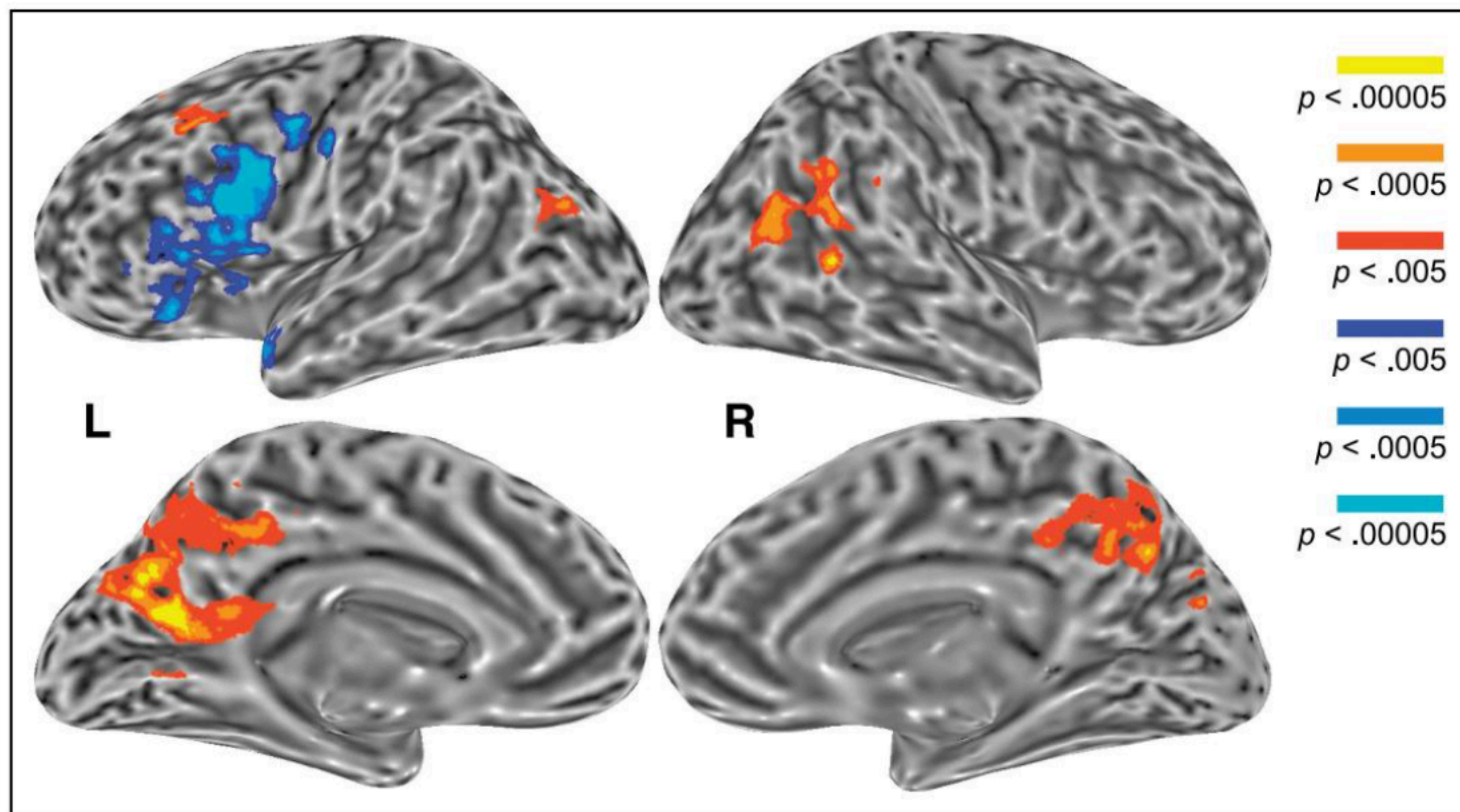
-
- O tempo de resposta (TR) diferiu entre as condições [$F(2,46) = 42,40, p < 0,0001$].
 - As taxas de erro diferiram entre as condições [$F(2,46) = 5,37, p = 0,009$].
 - A taxa de erro mostra contraste significativo dos itens concretos sobre os abstratos [$F(1,23) = 14,71, p = 0,001$], mas nenhuma diferença estatística entre itens concretos e *nonwords* ou entre itens abstratos e *nonwords* (Tab. 2)."

Table 2. Task Performance

<i>Condition</i>	<i>RT (SD)</i>	<i>%Error (SD)</i>
Concrete	740 (109)	2.07 (2.69)
Abstract	773 (109)	6.14 (5.73)
Nonword	865 (160)	4.11 (5.88)

RESULTADOS DE FMRI (RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL)





Cores quentes: regiões que ativaram mais fortemente para as palavras reais.

Cores frias: áreas que ativaram mais para as nowords.

Fig. 2: Resultados de fMRI para o contraste concreto-abstrato.

L= esquerda (left), R= direita (right).

As superfícies lateral (superior) e medial (inferior) são mostradas. Demais formatações são como na Fig. 1

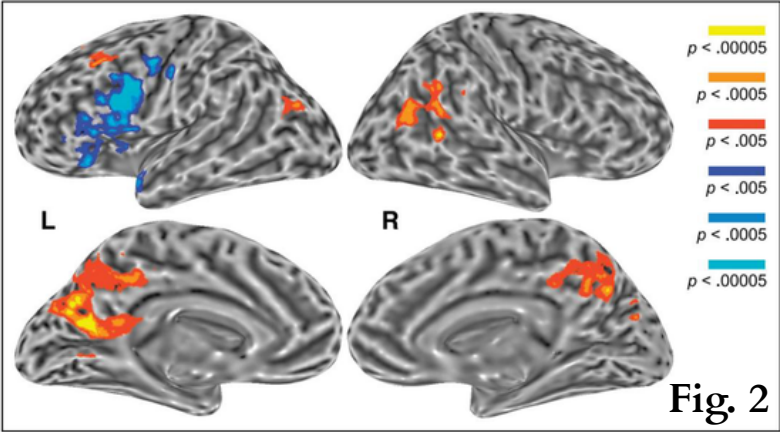
Houve, para palavras concretas e abstratas, ativação de áreas comuns no hemisfério esquerdo (giro angular, giro temporal médio e inferior, e o córtex pré-frontal dorsal: áreas associadas ao processamento semântico) em muitos estudos anteriores (Binder, McKiernan, et al.; 2003);

- os erros foram codificados como eventos separados;
- os principais contrastes foram feitos apenas com tentativas corretas;
- os TRs individuais, para cada tentativa, foram incluídos no modelo de ativação, para contabilizar separadamente a variação;
- os mapas para as condições concretas e abstratas mostraram apenas alterações no sinal BOLD que não podem ser explicadas por alterações no TR, esse procedimento "descontou" estatisticamente a variação do sinal gerada puramente pela duração da resposta.

Table 3. Stereotaxic Coordinate Locations of Activation Peaks for the Contrast between Concrete and Abstract Words

Concrete > Abstract					Abstract > Concrete				
Structure	x	y	z	Z-score	Structure	x	y	z	Z-score
L angular g	-37	-74	26	3.71	L precentral g	-48	9	25	-5.86
R angular g	52	-58	22	4.05		-48	-7	40	-4.33
	54	-48	33	3.88	L inf. frontal g	-46	18	-4	-4.16
R middle temporal g	49	-49	14	4.19		-39	15	14	-3.63
L middle frontal g	-28	25	48	4.00		-35	27	7	-3.49
	-38	19	42	3.93	L inf. frontal s	-48	22	17	-4.68
L post. cingulate g	-12	-56	11	4.48		-47	33	8	-3.29
	-9	-45	13	3.94	L sup. temporal g	-44	12	-16	-3.94
	-7	-37	36	3.63		-54	4	-9	-3.34
R post. cingulate g	5	-35	38	3.58					
L precuneus	-12	-62	24	4.38					
	-3	-74	31	3.75					
R precuneus	6	-68	30	4.07					
	11	-54	35	3.98					
	3	-62	41	3.62					

L = left; R = right; g = gyrus; inf. = inferior; post. = posterior; sup. = superior; s = sulcus.



A Tab. 3 mostra detalhadamente a localização exata no espaço estereotático* (coordenadas x, y, z e escores Z) dos picos de ativação no contraste direto entre palavras concretas e abstratas. Ela fornece a quantificação anatômica precisa dos dados representados graficamente na Fig. 2, dividindo os achados em duas seções principais: (1) **Concreto > Abstrato** (maior ativação para conceitos concretos) e (2) **Abstrato > Concreto** (maior ativação para conceitos abstratos)

A Tab. 3 reúne as estruturas cerebrais que apresentaram sinal BOLD significativamente** maior durante o processamento de palavras concretas.

***Estereotático** refere-se a uma técnica ou equipamento médico que utiliza um sistema de **coordenadas tridimensionais** (como **X, Y e Z**) para localizar com precisão milimétrica pontos específicos dentro do cérebro ou de outros órgãos, sem a necessidade de grandes aberturas cirúrgicas. Ele funciona como um **"GPS"**.

**Quanto maior o valor de Z-score, mais estatisticamente consistente e marcante foi a variação do sinal BOLD entre as duas condições. (- = hemisfério esquerdo).

A variação no sinal BOLD foi analisada utilizando um modelo de regressão múltipla que incluía o TR como covariável.

Table 3. Stereotaxic Coordinate Locations of Activation Peaks for the Contrast between Concrete and Abstract Words

<i>Concrete > Abstract</i>					<i>Abstract > Concrete</i>				
<i>Structure</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>Z-score</i>	<i>Structure</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>Z-score</i>
L angular g	−37	−74	26	3.71	L precentral g	−48	9	25	−5.86
R angular g	52	−58	22	4.05		−48	−7	40	−4.33
	54	−48	33	3.88	L inf. frontal g	−46	18	−4	−4.16
R middle temporal g	49	−49	14	4.19		−39	15	14	−3.63
L middle frontal g	−28	25	48	4.00		−35	27	7	−3.49
	−38	19	42	3.93	L inf. frontal s	−48	22	17	−4.68
L post. cingulate g	−12	−56	11	4.48		−47	33	8	−3.29
	−9	−45	13	3.94	L sup. temporal g	−44	12	−16	−3.94
	−7	−37	36	3.63		−54	4	−9	−3.34
R post. cingulate g	5	−35	38	3.58					
L precuneus	−12	−62	24	4.38					
	−3	−74	31	3.75					
R precuneus	6	−68	30	4.07					
	11	−54	35	3.98					
	3	−62	41	3.62					

L = left; R = right; g = gyrus; inf. = inferior; post. = posterior; sup. = superior; s = sulcus.

1. Concreto > Abstrato (maior ativação p concretos)

A Tab. 3 reúne as estruturas cerebrais que apresentaram sinal BOLD significativamente maior durante o processamento de palavras concretas.

Os dados destacados confirmam a participação de áreas de associação multimodal de ambos os hemisférios na recuperação de representações baseadas em imagens e experiências sensoriais.

- **Padrão bilateral:** picos de ativação distribuídos de forma simétrica nos dois hemisférios cerebrais (esquerdo e direito).
- **Principais picos anatômicos registrados:** giro angular bilateral (L/R angular g); giro cingulado posterior bilateral (L/R post. cingulate g) e precúneo bilateral (L/R precuneus); giro frontal médio esquerdo (L middle frontal g) e Giro temporal médio direito (R middle temporal g).

Table 3. Stereotaxic Coordinate Locations of Activation Peaks for the Contrast between Concrete and Abstract Words

Concrete > Abstract					Abstract > Concrete				
Structure	x	y	z	Z-score	Structure	x	y	z	Z-score
L angular g	−37	−74	26	3.71	L precentral g	−48	9	25	−5.86
R angular g	52	−58	22	4.05		−48	−7	40	−4.33
	54	−48	33	3.88	L inf. frontal g	−46	18	−4	−4.16
R middle temporal g	49	−49	14	4.19		−39	15	14	−3.63
L middle frontal g	−28	25	48	4.00		−35	27	7	−3.49
	−38	19	42	3.93	L inf. frontal s	−48	22	17	−4.68
L post. cingulate g	−12	−56	11	4.48		−47	33	8	−3.29
	−9	−45	13	3.94	L sup. temporal g	−44	12	−16	−3.94
	−7	−37	36	3.63		−54	4	−9	−3.34
R post. cingulate g	5	−35	38	3.58					
L precuneus	−12	−62	24	4.38					
	−3	−74	31	3.75					
R precuneus	6	−68	30	4.07					
	11	−54	35	3.98					
	3	−62	41	3.62					

L = left; R = right; g = gyrus; inf. = inferior; post. = posterior; sup. = superior; s = sulcus.

2. Abstrato > Concreto (maior ativação p abstratos)

Os dados destacados refletem o recrutamento de regiões perisylvianas esquerdas ligadas à memória de trabalho fonológica e à busca lexical, necessárias para lidar com representações conceituais mais fracas ou difusas.

- **Lateralização exclusiva à esquerda:** picos de ativação situados estritamente no hemisfério esquerdo (L), sem correspondente no hemisfério direito (R).
- **Principais Picos Anatômicos Registrados:** giro pré-central esquerdo / Córtex pré-motor (L precentral g); giro frontal inferior esquerdo e Sulco frontal inferior esquerdo (L inf. frontal g / s); giro temporal superior esquerdo (L sup. temporal g).

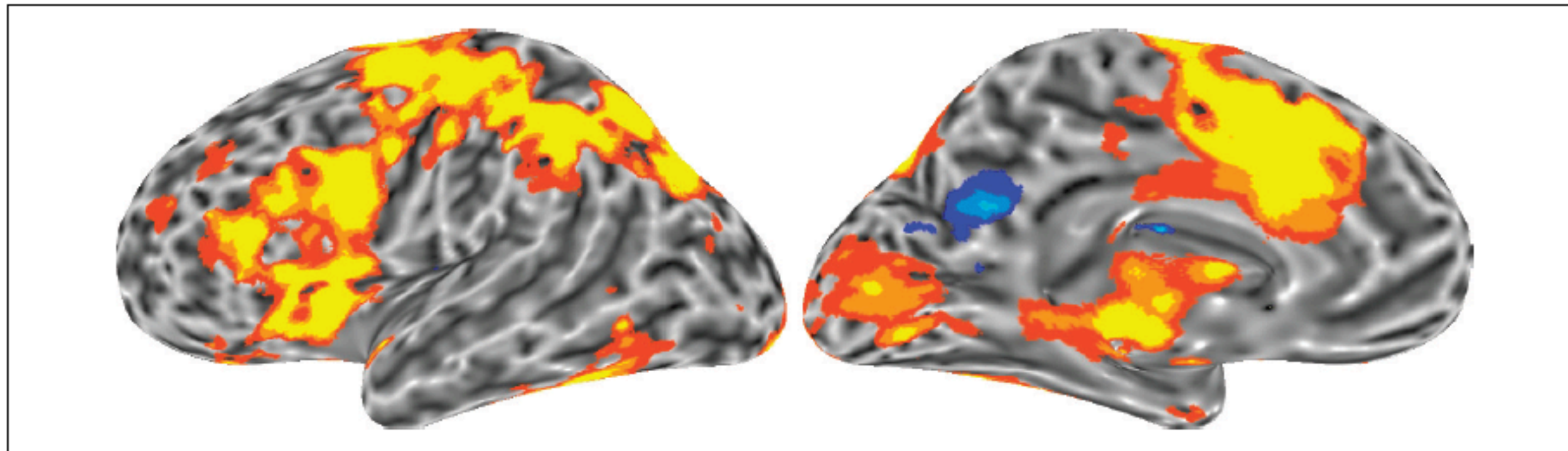


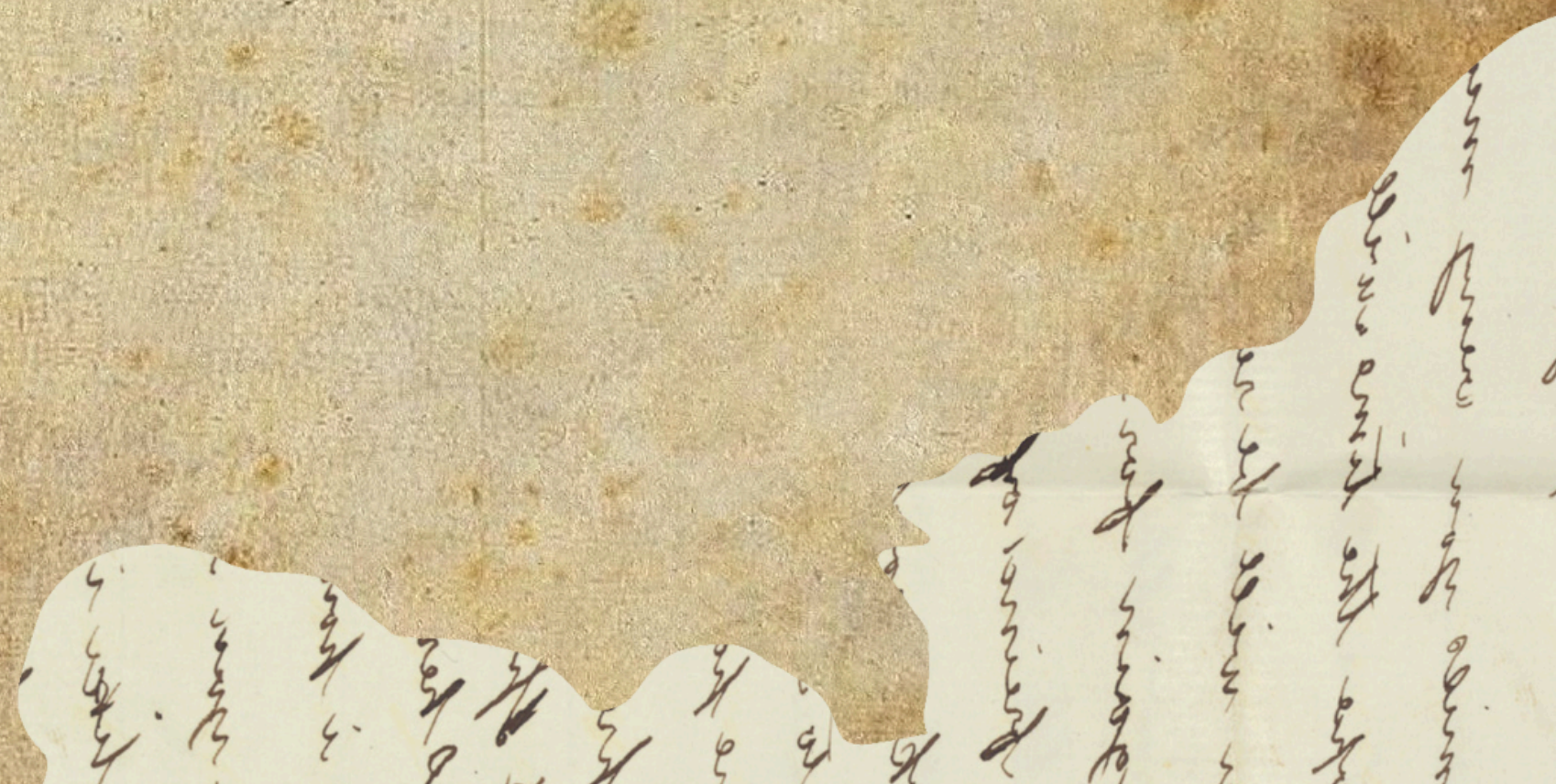
Fig. 3. Ativações correlacionadas com o tempo de resposta.

São apresentadas as vistas lateral e medial do hemisfério esquerdo; as ativações do hemisfério direito foram muito semelhantes.

Cores quentes: correlações positivas.

Azul: correlações negativas

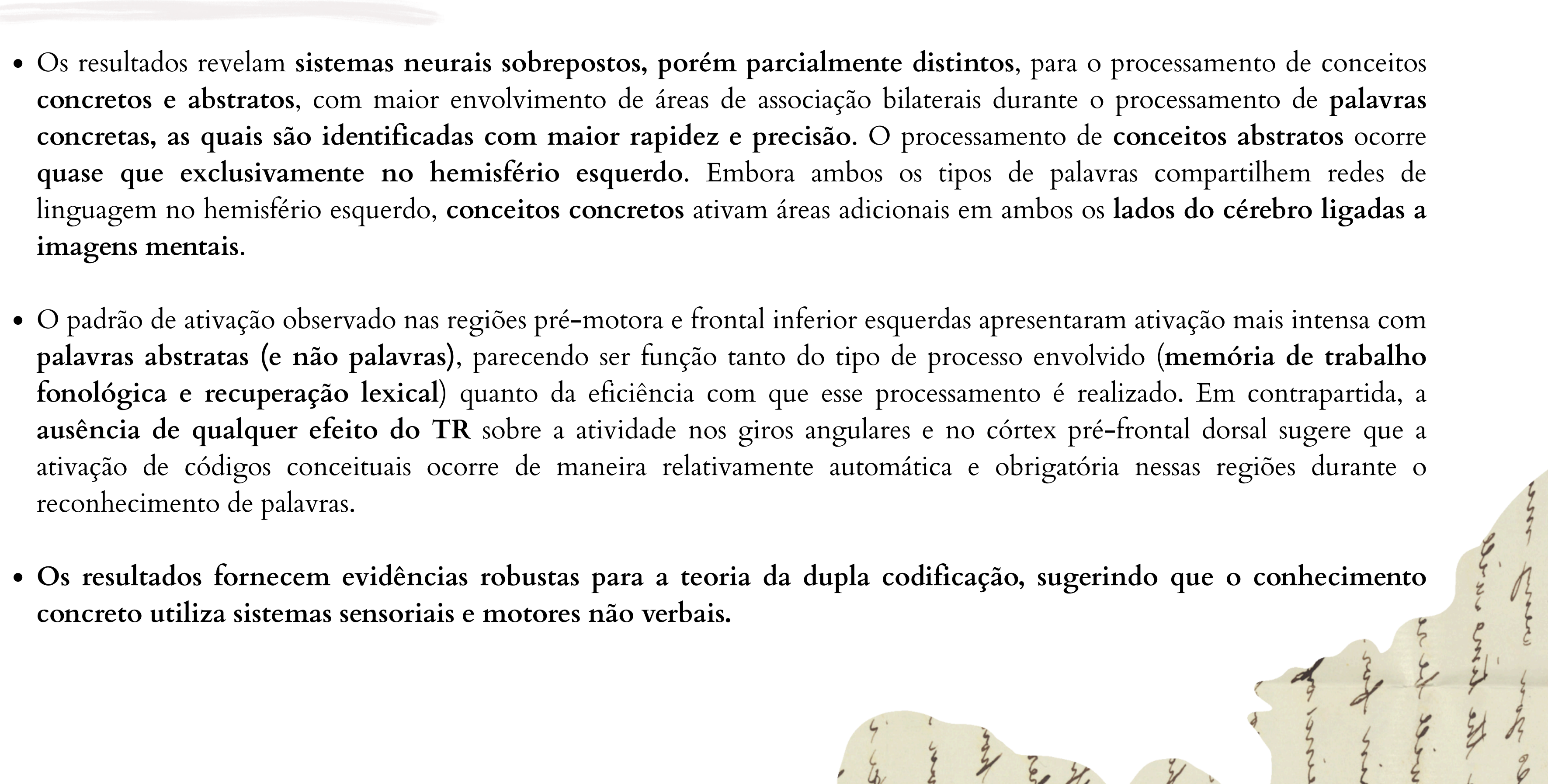
V- RESUMO DAS ÁREAS DE ATIVAÇÃO CEREBRAL



ÁREAS DE ATIVAÇÃO

Categoria Funcional	Regiões Cerebrais	Padrão de Ativação	Função Cognitiva Principal
Sistema Semântico Verbal Comum	Córtex temporal lateral esquerdo (giros temporal médio e inferior)	Ativação equivalente e idêntica para conceitos concretos e abstratos	Armazenamento e acesso ao conhecimento semântico puramente verbal
Rede Semântica Multimodal	Giro angular esquerdo e córtex pré-frontal dorsal esquerdo	Ativada por ambos, mas com engajamento significativamente superior para concretos	Integração entre códigos verbais e representações não-verbais baseadas em imagens
Suporte Fonológico e Memória de Trabalho	Giro frontal inferior esquerdo, córtex pré-motor e polo temporal dorsal esquerdo	Ativação predominante para palavras abstratas e pseudopalavras	Manutenção da estrutura sonora na memória de curto prazo (memória de trabalho fonológica) e busca por palavras associadas
Rede de Esforço Geral e Tempo de Resposta (TR)	Ínsula anterior, opérculo frontal, giro do cíngulo anterior, giro supramarginal, sulco intraparietal, tálamo anterior e e mesencéfalo	Ativação correlacionada diretamente ao tempo de reação	Controle executivo, demandas motoras/atencionais e duração do processamento da tarefa

VI- CONCLUSÃO

- 
- Os resultados revelam **sistemas neurais sobrepostos, porém parcialmente distintos**, para o processamento de conceitos **concretos e abstratos**, com maior envolvimento de áreas de associação bilaterais durante o processamento de **palavras concretas**, as quais são identificadas com maior rapidez e precisão. O processamento de **conceitos abstratos** ocorre quase que exclusivamente no **hemisfério esquerdo**. Embora ambos os tipos de palavras compartilhem redes de linguagem no hemisfério esquerdo, **conceitos concretos** ativam áreas adicionais em ambos os **lados do cérebro ligadas a imagens mentais**.
 - O padrão de ativação observado nas regiões pré-motora e frontal inferior esquerdas apresentaram ativação mais intensa com **palavras abstratas (e não palavras)**, parecendo ser função tanto do tipo de processo envolvido (**memória de trabalho fonológica e recuperação lexical**) quanto da eficiência com que esse processamento é realizado. Em contrapartida, a **ausência de qualquer efeito do TR** sobre a atividade nos giros angulares e no córtex pré-frontal dorsal sugere que a ativação de códigos conceituais ocorre de maneira relativamente automática e obrigatória nessas regiões durante o reconhecimento de palavras.
 - Os resultados fornecem evidências robustas para a teoria da dupla codificação, sugerindo que o conhecimento concreto utiliza sistemas sensoriais e motores não verbais.

VII- APÊNDICE

[Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page, is visible in the bottom right corner.]

DADOS TÉCNICOS

Aquisição de ressonância magnética

- Dados: adquiridos em um scanner GE Signa de 1,5 Tesla (GE Medical Systems, Milwaukee, WI) usando uma bobina de gradiente local de três eixos com uma bobina de radiofrequência (RF) de transmissão e recepção integrada (Medical Advances, Milwaukee, WI).
- Imagens anatômicas de referência ponderadas em T1 de alta resolução, adquiridas como um conjunto de 124 cortes sagitais contíguos ($0,9375 \times 1,2$ mm) usando uma sequência de eco de gradiente com supressão de sinal ("SPGR", GE Medical Systems).
- A aquisição de imagens funcionais utilizou uma sequência eco-planar de eco de gradiente com os seguintes parâmetros: tempo de eco de 40 ms, tempo de repetição de 2 s, campo de visão de 24 cm, matriz de 64×64 pixels e dimensões de voxel no plano de $3,75 \times 3,75$ mm.
- 19 cortes sagitais cobriram todo o cérebro.
- A espessura do corte: 7,0 ou 7,5 mm, dependendo da largura do cérebro.
- 4 séries de imagens funcionais foram adquiridas, cada uma composta por 136 volumes de imagem de todo o cérebro.

GRATIÃO

