



Luane da Costa Pinto Lins Fragoso

**Integração de Informação Linguística e Gráfica
na Compreensão Multimodal de Gráficos
Estatísticos: Uma Avaliação Psicolinguística**

Tese de Doutorado

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Estudos da Linguagem do Departamento de Letras da PUC-Rio como parte dos requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Letras/Estudos da Linguagem.

Orientador: Profa. Erica dos Santos Rodrigues

Rio de Janeiro
Maio de 2015

Luane da Costa Pinto Lins Fragoso

**Integração de Informação Linguística e Gráfica
na Compreensão Multimodal de Gráficos
Estatísticos: Uma Avaliação Psicolinguística**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Estudos da Linguagem do Departamento de Letras do Centro de Teologia e Ciências Humanas da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Profa. Erica dos Santos Rodrigues

Orientador

Departamento de Letras – PUC-Rio

Profa. Adriana Nogueira Accioly Nóbrega

Departamento de Letras – PUC-Rio

Prof. Carlos Eduardo Ferreira Monteiro

UFPE

Profa. Elisângela Nogueira Teixeira

UFC

Prof. Marcus Antonio Rezende Maia

UFRJ

Profa. Denise Berruezo Portinari

Coordenadora Setorial do Centro de
Teologia e Ciências Humanas - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 11 de maio de 2015.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Luane da Costa Pinto Lins Fragoso

Graduou-se como Bacharel em Letras pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro em 1997. Pela mesma instituição, obteve o título de Licenciada em Letras (Inglês/Literaturas), em 1998. Possui Especialização em Língua Inglesa (UERJ), Especialização em Educação a Distância (SENAC/RJ) e Especialização em Design Instrucional (UNIFEI). Concluiu o Mestrado em Linguística na Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 2003. Atualmente, faz parte do quadro permanente de professores do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do CEFET/RJ. Áreas de interesse: Inglês para fins específicos, Educação a Distância, Tecnologias em Educação, Processamento e Aquisição da Linguagem, Psicolinguística, Rastreamento Ocular.

Ficha Catalográfica

Fragoso, Luane da Costa Pinto Lins

Integração de informação linguística e gráfica na compreensão multimodal de gráficos estatísticos: uma avaliação psicolinguística / Luane da Costa Pinto Lins Fragoso ; orientador: Erica dos Santos Rodrigues. – 2015.

219 f. : il. (color.) ; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Letras, 2015.

Inclui bibliografia

1. Letras – Teses. 2. Interface linguagem-visão. 3. Leitura de gráficos. 4. Rastreamento ocular. 5. Psicolinguística. 6. Multimodalidade. I. Rodrigues, Erica dos Santos. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Letras. III. Título.

CDD: 400

À minha mãe, Eliane, mais uma vez, e
SEMPRE!

Agradecimentos

A Deus, por ter me dado forças para conclusão do trabalho mais importante da minha vida.

A minha orientadora, professora Erica Rodrigues, por ter aceitado orientar-me, pelos ensinamentos acerca da Psicolinguística e pelo constante acompanhamento e cuidado com este trabalho desde o primeiro momento. Pelo apoio e incentivo, sem os quais, o caminho seria ainda mais difícil.

Aos professores que participaram da Comissão Examinadora pelas valiosas contribuições visando o enriquecimento da tese.

A Vinicius Guimarães Rodrigues, pela ajuda quando da elaboração do experimento com *psyscope*.

A Adriano Koshiyama, pela colaboração no que tange ao tratamento estatístico dos dados, sempre atencioso e didático na sua maneira de explicar os conceitos e procedimentos necessários.

A Renê Forster, pela valiosa ajuda com os experimentos de rastreamento ocular. Por ter sido um exemplo a ser seguido e por ter compartilhado seus conhecimentos e prática, tornando o trabalho menos árduo. Muito obrigada!

À PUC Rio, pelo auxílio concedido, sem o qual este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao LAPAL, pela cessão do espaço e equipamento necessários para realização dos experimentos.

Ao CEFET/RJ pela concessão de minha licença para aplicação da segunda parte dos experimentos e finalização da tese.

Ao professor Fernando Araújo, pelo contato com o Departamento de Engenharia da PUC Rio, viabilizando a chamada de voluntários para a presente pesquisa.

Ao Departamento de Engenharia da PUC Rio, pela receptividade à pesquisa e apoio para mobilização dos alunos voluntários.

Aos alunos de Engenharia do CEFET/RJ Campus Nova Iguaçu e da PUC Rio que participaram dos experimentos realizados.

Aos meus queridos alunos do ensino médio-técnico do CEFET/RJ Campus Nova Iguaçu pela participação na aplicação dos questionários para fins de levantamento prévio das sentenças experimentais.

Ao professor Diego Haddad, pela ajuda inicial quando da elaboração dos gráficos para este trabalho.

À professora Aruquia Peixoto, pela ajuda com os slides que compõem os anexos da pesquisa.

À Chiquinha, por seu carinho e atenção e por sempre nos atender prontamente seja virtual ou presencialmente. Por suas orientações e colaboração com assuntos burocráticos.

A Antônio Carlos Cura de Oliveira, por ter compreendido meus (muitos) momentos de ausência, cansaço, isolamento e dedicação a este trabalho. Pelo apoio emocional, carinho e amor que ajudaram-me a enfrentar as dificuldades e a seguir em frente.

A William Eduardo da Silva, meu amigo irmão, presença constante na minha vida pessoal e acadêmica por dividir comigo as dores e as alegrias de um curso de doutorado.

A André Arguim, “meu guru”, pelas orientações e pela ajuda espiritual quando muitas vezes precisei de forças para continuar o caminho.

As minhas queridas amigas de longa data Andreia Farias, Esperança Dias, Fabiana Brito, Margarete Ribeiro e Simone Gomes pela torcida e apoio. Por terem compreendido (ou não! rs) minha ausência em vários momentos decorrentes de dias e noites intermináveis de cansaço, estudo e trabalho. Pelos raros, porém importantes momentos de descontração e diversão ao longo dos últimos anos.

A minha mãe, Eliane, por ser SEMPRE a minha motivação!

Resumo

Fragoso, Luane da Costa Pinto Lins; Rodrigues, Erica dos Santos. **Integração de informação linguística e gráfica na compreensão multimodal de gráficos estatísticos: uma avaliação psicolinguística**. Rio de Janeiro, 2015. 219p. Tese de Doutorado - Departamento de Letras, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta tese possui como objetivo investigar o mapeamento entre o conteúdo de sentenças e aquele apresentado em gráficos no processo de compreensão multimodal. Assume-se uma abordagem experimental, baseada nos aportes teórico-metodológicos da Psicologia Cognitiva e da Psicolinguística, aliada a discussões pertinentes à área de Educação Matemática e aos estudos sobre multimodalidade e letramento. Consideram-se duas propostas acerca da integração entre informação linguística e visual: uma vinculada à hipótese de modularidade representacional de Jackendoff (1996), em que se defende a ideia de módulos de interface, de natureza híbrida, e uma proposta alternativa, assumida no presente trabalho, segundo a qual tanto o processamento linguístico como o visual gerariam representações de natureza abstrata/proposicional, que seriam integradas em uma interface conceitual. Buscou-se verificar (i) se fatores *top-down* como conhecimento prévio do assunto afetam essa integração e (ii) em que medida informação linguística instaura expectativas acerca da informação expressa no gráfico. Foram conduzidos dois experimentos de comparação sentença-figura com gráficos de coluna e de linha, utilizando o programa *psyscope*, e um envolvendo gráficos de linha com a técnica de rastreamento ocular. Não foram encontradas evidências de efeitos *top-down* no experimento com gráfico de colunas. Foram obtidos, contudo, efeitos significativos para tempo de resposta associados a outros fatores, quais sejam correção do gráfico, expressão lexical usada para comparar itens do gráfico (maior vs menor, p. ex.) e número de itens referidos na sentença a serem localizados no gráfico. Nos dois experimentos com gráficos de linha, as variáveis independentes foram (i) congruência (linha congruente/incongruente em relação ao verbo – exemplo: linha inclinada para cima ou para baixo vs. verbo subir) e (ii) correção do gráfico em expressar o conteúdo da frase, manipulada com alterações na linha e na ordenação

(ascendente/descendente) de informação temporal no eixo x. No experimento com *psyscope*, os resultados indicaram não haver dificuldade de julgar a compatibilidade frase/gráfico quando congruência e correção não divergiam. Para tempo de resposta, houve efeito principal de congruência e correção, com menores tempos associados, respectivamente, às condições em que a linha era congruente com o verbo e o gráfico correto. Também houve efeito de interação entre as variáveis. No experimento com rastreador ocular, foram analisados índice de acertos, número e tempo total de duração das fixações e trajetória do olhar nas áreas de interesse demarcadas. Em relação a índice de acerto, assim como no experimento com *psycope*, maior dificuldade de processamento estava associada à condição incongruente correta, em que há quebra de expectativa em relação à posição da linha (vs. verbo) e ao modo usual de organização dos gráficos no eixo x. Quanto aos movimentos oculares, na área do gráfico, observou-se maior número e tempo total de duração das fixações nas condições corretas; na área da frase, tais condições apresentaram resultados opostos. Quanto à trajetória do olhar, os dados sugerem ser a informação linguística acessada em primeiro lugar, orientando a leitura do gráfico. Considerando os resultados em conjunto, pode-se afirmar que o custo de integração é determinado pela compatibilidade (ou não) entre as proposições geradas pelos módulos linguístico e visual.

Palavras-chave

Interface linguagem-visão; leitura de gráficos; rastreamento ocular; psicolinguística; multimodalidade.

Abstract

Fragoso, Luane da Costa Pinto Lins; Rodrigues, Erica dos Santos (Advisor).
Integration of linguistic and graphic information in multimodal comprehension of statistical graphs: a psycholinguistic assessment. Rio de Janeiro, 2015. 219p. Doctoral Thesis - Departamento de Letras, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This thesis aims at investigating the mapping between the sentential content and the content presented in graphs in a multimodal comprehension process. We assume an experimental approach, based on Cognitive Psychology and Psycholinguistics methodological and theoretical contributions as well as literacy and multimodality studies. Two proposals concerning the integration between linguistic and visual information are considered: one linked to Jackendoff's (1996) representational modularity hypothesis, in which, the idea of interface modules, of hybrid nature, is defended; and an alternative one according to which linguistic and visual processing could generate propositional/abstract representations which could be integrated into a conceptual interface. We tried to check (i) if *top-down* aspects such as prior knowledge can affect this integration and (ii) in what extent linguistic information may bring expectations about the information expressed in the graph. Sentence-picture comparison experiments were conducted with line and columns graphs using the *pyscope* software, and another one concerning line graphs with eye tracking technique. *Top-down* effects were not found in columns graphs experiment. However, significant effects related to response time associated with other aspects such as graph accuracy, lexical expression used in order to compare graph elements (larger x smaller, for example) and the number of elements in the sentence that must be found in the graph. In both experiments with line graphs, the independent variables were (i) congruency (congruent/incongruent line in relation to the verb - line up or down vs verb increase) and (ii) accuracy of the graph in order to express the content of the sentence, manipulated with changes in the line and time information order (ascendant/descendent) in x axis. In *pyscope* experiment, there was no difficulty in judging the sentence-picture compatibility when

congruency and correction were not different. Concerning the response time, there was effect of congruency and correction, with shorter times associated, respectively, to the conditions in which line was congruent to the verb and correct graph. There was also effect of interaction. In eye tracking experiment, accuracy rates, number of fixations, total fixation duration and the scanpath in areas of interest were analysed. In relation to accuracy rates, similar to *psyscope* experiment, more difficulty in processing was associated to incongruent/incorrect condition, in which there is a break in the expectation related to the line position (vs.verb) and the common organization of the elements displayed in x axis. Concerning eye movements, in the graph area, number of fixations and total fixation duration were higher in correct conditions; in the sentence area, these results were opposite. Analyzing the scanpath, data suggest that linguistic information is accessed first, guiding the graph reading. To conclude, it's possible to state that the cost of integration is determined by compatibility (or not) between the propositions from both linguistic and visual modules.

Keywords

Language-vision interface; graphs reading; eye tracker; psycholinguistics; multimodality.

Sumário

1. Introdução	21
2. O gênero gráfico e o letramento estatístico	25
2.1. Gráficos: conceituação e perspectivas teóricas	30
2.2. O letramento estatístico	34
3. A interface linguagem/visão	40
3.1. A teoria da Modularidade Representacional	46
3.1.1. A estrutura conceitual e a representação espacial	48
3.1.2. A interface entre estrutura conceitual e a representação espacial	51
3.1.3. A teoria da Codificação Dual	52
3.1.4. A proposta de Pylyshyn: o modelo de representação proposicional	55
3.1.5. A interface linguagem/visão: uma proposta alternativa	60
4. A teoria de Pinker	61
4.1. Princípios que restringem a forma da descrição visual	65
4.2. O esquema gráfico	68
5. A constelação gráfico-texto de Acarturk	70
5.1. As entidades cognitivas: representações internas e externas	72
5.2. O modelo de arquitetura cognitiva segundo Acarturk	74
6. Estudos sobre compreensão/interpretação dos gráficos	80
7. Experimentos Parte I - experimentos de comparação sentença-figura com dados de tempo de resposta	92
7.1. Experimento 1- gráficos de colunas	93
7.2. Experimento 2- gráficos de linha	101

8. Experimentos Parte II- experimento de rastreamento ocular	111
8.1. A visão humana e a técnica de rastreamento ocular	111
8.1.1. A visão	111
8.1.2. Os rastreadores oculares	118
8.2. O experimento de rastreamento ocular	122
9. Considerações finais	152
10. Referências bibliográficas	163
Apêndice A- Folha de resposta para o levantamento sobre grau de conhecimento prévio acerca do conteúdo expresso nas frases	170
Apêndice B- Atividade de leitura 1 para escolha das frases que geram (mais ou menos) expectativas	171
Apêndice C- Atividade de leitura 2 para escolha das frases que geram (mais ou menos) expectativas	172
Apêndice D- Atividade de leitura 3 para escolha das frases que geram (mais ou menos) expectativas	173
Apêndice E- Lista de frases conhecidas/desconhecidas para o experimento com gráficos de colunas	174
Apêndice F- Lista de frases para o experimento de gráficos de linha (<i>psyscope</i>)	175
Apêndice G- Lista de frases para o experimento de gráficos de linha (<i>rastreador ocular</i>)	176
Apêndice H- Experimento para os graduandos de Engenharia- Lista 1	178
Apêndice I - Experimento para os graduandos de Engenharia- Lista 2	197
Apêndice J – Estímulos experimentais para gráficos de linha (<i>rastreador ocular</i>)	218

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

PCNs- Parâmetros Curriculares Nacionais

NGL – The New London Group -O novo grupo de Londres

MIT- Massachussets Institute of Technology – Instituto de Tecnologia de Massachussets

CS- conceptual structure- estrutura conceptual

SR- spatial representation – representação espacial

TCD- Teoria da Codificação Dual

SpS- spatial structure- estrutura espacial

TCM- Teoria Computacional da Mente

TC- text condition – condição do texto

GC- graph condition- condição do gráfico

PGCE- Postgraduate Certificate in Education – Certificado de pós-graduação em Educação

DCM- Divulgação Científica Midiática

GHZ- giga-hertz

GB- gigabyte

MH- mega-hertz

LPDDR3- Low power double data rate

ms – milisegundo

C- conhecido

CR- correto

I2- dois itens

POS- positivo

mm- milímetro

AOI- área of interest (área de interesse)

FArg1- frase argumento 1

FArg2- frase argumento 2

FArg3- frase argumento 3

GArg1- gráfico argumento 1

GArg2- gráfico argumento 2

GArg3- gráfico argumento 3

Arg1- argumento 1

Arg2- argumento 2

Arg3- argumento 3

ppt- powerpoint

cm- centímetro

jpeg- joint photographic expert groups

LAPAL- Laboratório de Psicolinguística e Aquisição da Linguagem

F- frase

G- gráfico

F/G-frase/gráfico

CÓDIGOS DAS CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

CC- conhecido correto

CC- congruente correto

CI- conhecido incorreto

CI- congruente incorreto

DC- desconhecido correto

IC- incongruente correto

DI- desconhecido incorreto

II- incongruente incorreto

Lista de figuras

Figura 1: Relação entre linguagem e visão estendida (Jackendoff, 1996)	47
Figura 2: Concepção de representação mental pictórica - Pylyshyn 2003	56
Figura 3: Concepção de representação proposicional - Pylyshyn 2003	57
Figura 4: Estímulo usado nos experimentos <i>psyscope</i> e rastreado ocular- gráfico de colunas	62
Figura 5: Esquema para compreensão de gráficos proposto por Pinker (1990)	64
Figura 6: Sistemas de coordenadas	67
Figura 7: A arquitetura computacional para compreensão multimodal de constelações gráfico-texto (Acarturk, 2009)	74
Figura 8: Constelação gráfico-texto	76
Figura 9: Ligações referenciais entre entidades linguísticas e visuais	78
Figura 10: Padrões oculares observados nos experimentos de Ratwani, Trafton & Davis (2004)	84
Figura 11: Gráfico de colunas - condição CC	93
Figura 12: Gráfico de colunas – condição CI	94
Figura 13: Gráfico de colunas - condição DC	94
Figura 14: Gráfico de colunas – condição DI	95
Figura 15: Gráfico de linhas – condição CC	102
Figura 16: Gráfico de linhas – condição CI	103
Figura 17: Gráfico de linhas – condição IC	103
Figura 18: Gráfico de linhas – condição II	103
Figura 19: Tabelas de resultados de teste de Friedman geradas pelo programa Action – <i>psyscope</i>	108
Figura 20: Anatomia do olho	111

Figura 21: Células receptoras que compõem a retina	112
Figura 22: Visão foveal, parafoveal e perifoveal	113
Figura 23: A visão	114
Figura 24: Movimentos oculares: sacadas e fixações	115
Figura 25: O funcionamento de um rastreador ocular	119
Figura 26: Exemplo de estímulo- gráfico de linhas	120
Figura 27: Áreas e subáreas de interesse de um dado estímulo em um experimento de rastreador ocular	121
Figura 28: Argumentos e predicator- gráfico de linhas	123
Figura 29: Gráfico de linhas- condição CC	124
Figura 30: Gráfico de linhas- condição CI	125
Figura 31: Gráfico de linhas- condição IC	125
Figura 32: Gráfico de linhas- condição II	125
Figura 33: Tabelas de resultados do teste de Friedman geradas pelo programa Action – rastreador ocular	129
Figura 34: Mapa 1- trajetória do olhar – 75% das fixações	147
Figura 35: Mapa 2 – trajetória do olhar – 60% das fixações	149

Lista de gráficos

Gráfico 1: Tempo médio de resposta- gráfico de coluna	99
Gráfico 2: Índice de acerto – gráfico de colunas	100
Gráfico 3: Média de tempo de resposta (congruente x incongruente)	105
Gráfico 4: Média de tempo de resposta (correto x incorreto)	106
Gráfico 5: Tempo médio de resposta por condição	107
Gráfico 6: Média de resposta correta por condição experimental	108
Gráfico 7: Média de índice de acerto por condição no experimento de rastreamento ocular	129
Gráfico 8: Média do número de fixações na área do gráfico em função da variável correção	131
Gráfico 9: Média do número de fixações na área do gráfico por condição experimental	131
Gráfico 10: Média do tempo total de fixações na área do gráfico em função da variável correção	132
Gráfico 11: Média do tempo total de fixações na área do gráfico por condição experimental	133
Gráfico 12: Média do número de fixações por caracter na área da frase em função da variável correção	134
Gráfico 13: Média do número de fixações por caracter na área da frase por condição experimental	134
Gráfico 14: Média do tempo total de fixações por caracter na área da frase em função da variável correção	135
Gráfico 15: Média do tempo total de fixações por caracter na área da frase por condição experimental	136
Gráfico 16: Média do número de fixações nas subáreas relativas à área do GRÁFICO	138
Gráfico 17: Tempo total de duração da fixação relativo à área do gráfico	139
Gráfico 18: Média do número de fixações na subárea linha por condição experimental	139

Gráfico 19: Média do tempo total de fixações na subárea linha por condição experimental	140
Gráfico 20: Média do número de fixações na subárea verbo em função da variável congruência	141
Gráfico 21: Média do número de fixações na subárea verbo em função da variável correção	142
Gráfico 22: Média do número de fixações na subárea verbo por condição experimental	142
Gráfico 23: Média do tempo total de fixações na subárea verbo em função da variável congruência	143
Gráfico 24: Média do tempo total de fixações na subárea verbo em função da variável correção	143
Gráfico 25: Média do tempo total de fixações na subárea verbo por condição experimental	144
Gráfico 26: Número de fixações nas subáreas relativas à área da FRASE	145
Gráfico 27: Tempo total de duração da fixação relativo à área da FRASE	145

Lista de tabelas

Tabela 1: Modelo de letramento estatístico proposto por Gal (2002)	37
Tabela 2: Dados referentes à variável tempo de resposta – gráficos de colunas	98
Tabela 3: Dados referentes ao efeito de interação das variáveis conteúdo expresso pela frase que dá origem ao gráfico x correção – gráficos de colunas	98
Tabela 4: Dados referentes à variável índice de acerto	99
Tabela 5: Medidas dos tempos médios de duração de fixação em diferentes atividades	116
Tabela 6: Dados referentes às variáveis dependentes nas áreas FRASE e GRÁFICO por condição experimental	137
Tabela 7: Efeitos das variáveis independentes nas áreas FRASE e GRÁFICO	137
Tabela 8: Síntese dos resultados apresentados nos gráficos 26 e 27	146

1

Introdução

Gráficos podem ser pensados como gêneros multimodais, que mobilizam a integração de dados linguísticos e visuais a fim de se depreender, de forma adequada, o sentido global do texto a partir das informações apresentadas. Campos, Carvalho e Monteiro (2011) afirmam que, quando os indivíduos estão engajados no processo de leitura de gráficos, estes apresentam ações baseadas em conhecimentos formais da matemática e nos aspectos visuais apresentados. Com isso, o leitor aciona seus conhecimentos anteriores que, junto com os dados apresentados graficamente, o ajudam a construir o significado.

Muitos alunos, não só aqueles oriundos da Educação Básica, mas também do Ensino Superior, costumam apresentar dificuldades na leitura desse tipo de gênero. Fato este corroborado pela baixa produtividade/desempenho dos mesmos em testes de avaliação em leitura. Sendo assim, estudos acerca desse tema tornam-se relevantes na academia para que possamos identificar as possíveis causas para as dificuldades em questão assim como entender como ocorre o processo de leitura de gráficos, especificamente.

Gráficos integram grande parte dos textos de cunho científico, numa articulação estreita com material verbal no tratamento de um dado tópico. O modo como se dá essa articulação é o objeto de investigação da presente pesquisa. Assume-se neste trabalho uma abordagem experimental desse objeto, baseada nos aportes teóricos e metodológicos da Psicologia Cognitiva e da Psicolinguística, aliada a discussões pertinentes a outras áreas, em particular à área de Educação Matemática e aos estudos sobre multimodalidade e letramento.

As questões gerais de pesquisa relativas à integração entre informação linguística e visual que norteiam o presente trabalho são apresentadas a seguir:

- Como se dá o processamento na leitura de gráficos, gênero que congrega modalidades distintas? Quais as representações e operações cognitivas envolvidas? O que pode representar custo para o processamento desse gênero?

- Como se dá a comunicação entre os módulos linguístico e visual na leitura

de textos em que gráficos estão inseridos?

- Que propostas acerca da arquitetura da mente podem ser informativas sobre a interface linguagem/visão no que diz respeito ao objeto de estudo desta pesquisa?

- Que fatores afetam o processo de integração entre informações provenientes das diferentes modalidades mobilizadas para a leitura de gráficos?

- Fatores *top-down* como a familiaridade com o tópico a ser apresentado pode influenciar no processo de análise de gráficos?

O pressuposto teórico que orienta esta pesquisa é o de que a leitura de gráficos congrega diferentes modalidades de representação, exigindo, em termos de processamento, uma integração entre informações do sistema linguístico e do sistema visual.

No processo de integração entre informação linguística e informação presente em gráficos, propriedades *bottom-up* (relacionadas ao estímulo visual) e *top-down* (por exemplo, conhecimento prévio armazenado na memória de longo prazo) são mobilizados. Uma questão central nos estudos sobre atenção visual reside em determinar que propriedades do estímulo visual são relevantes na apreensão de imagens/cenas e que fatores de natureza *top-down* podem ser incorporados em um modelo de cognição visual (HENDERSON & FERREIRA, 2004). Nesse sentido, no presente trabalho, busca-se compreender em que medida fatores como grau de conhecimento acerca de um conteúdo ativado a partir de uma dada frase pode influenciar na leitura de um gráfico.

Assume-se, nessa pesquisa, uma abordagem para o processamento visual compatível com a proposta de Pylyshyn (1978; 1981; 1984; 2003), de acordo com a qual o *output* final do processo que tem início com a percepção de uma imagem é uma representação de natureza abstrata, uma espécie de proposição, semelhante a que seria gerada ao final do processamento de um enunciado linguístico. Considerando-se, pois, a ideia de que as representações geradas pelo módulo linguístico e visual seriam de mesmo tipo – de natureza proposicional, busca-se verificar em que medida informação linguística pode instaurar expectativas acerca da informação expressa no gráfico.

Diante do exposto, as hipóteses que orientam esta pesquisa são as seguintes:

1. Conhecimento de mundo acerca da informação representada graficamente (se a informação apresentada é conhecida/desconhecida) influencia no processo de integração entre informação linguística e visual.
2. Informações linguísticas codificadas nos itens lexicais correspondentes ao predicador (no caso, o verbo da sentença) e seus argumentos deflagram expectativas em relação a que tipos de informação estarão representados graficamente e como será sua apresentação visual no gráfico.

A partir do uso de metodologia experimental buscam-se evidências para as hipóteses apresentadas. Para tanto, foram conduzidos experimentos de comparação sentença-figura utilizando o programa *psyscope* com gráficos de coluna e linhas. Gráficos de coluna foram usados a fim de verificar (i) se o conhecimento prévio acerca do assunto/conteúdo expresso pela sentença afeta o modo com o gráfico será compreendido/interpretado pelo indivíduo, e gráficos de linha para averiguar (ii) se a informação linguística influencia o leitor em termos de expectativas em relação às informações codificadas visualmente nos gráficos. Experimento de rastreamento ocular também foi realizado com gráficos de linhas, somente, a fim de testar a hipótese (ii).

O objetivo geral da tese é, pois, investigar como ocorre a integração entre informação linguística e visual a partir de testes que envolvem a leitura de gráficos.

A pesquisa apresenta os seguintes objetivos específicos:

- Compreender quais os principais aspectos cognitivos que se encontram envolvidos quando da leitura/interpretação de gráficos por parte de alunos provenientes de cursos de graduação em Engenharia, assim como suas dificuldades e o que eventualmente contribui (ou não) para uma leitura e entendimento de representações gráficas bem sucedidos;
- Verificar se a informação linguística influencia/gera expectativas em relação à informação codificada visualmente pelos gráficos apresentados.

O trabalho está organizado da seguinte maneira. No segundo capítulo, apresenta-se o gênero gráfico, suas principais características e definições segundo diferentes perspectivas teóricas.

O terceiro capítulo destina-se a uma discussão acerca da integração entre informação linguística e visual relacionada à arquitetura da mente. Aspectos relacionados ao letramento e, principalmente, ao letramento estatístico também serão abordados.

O capítulo 4 descreve a teoria proposta por Pinker (1990) sobre o processo de compreensão/interpretação de gráficos.

No capítulo 5, o conceito de constelação gráfico-texto proposto por Acarturk (2009) e sua proposta de uma arquitetura computacional para fins de compreensão de textos multimodais serão apresentados.

O capítulo 6 trata da descrição de estudos cujo objetivo é a investigação de gráficos em diferentes campos do saber.

No capítulo 7, tem-se início a descrição dos experimentos conduzidos para a presente pesquisa. Em primeiro lugar, os experimentos de comparação de sentença-figura com dados de tempo de resposta e utilização do programa *psyscope* serão reportados.

No capítulo 8, procedemos à introdução da técnica de rastreamento ocular assim como do uso dos rastreadores em trabalhos relacionados à cognição. Aspectos da visão humana também serão abordados. Dando sequência à apresentação dos experimentos realizados, reportamos o experimento de rastreamento ocular.

Por fim, são apresentadas as considerações finais deste trabalho.

2

O gênero gráfico e o letramento estatístico

Neste capítulo, apresenta-se o objeto de estudo da presente tese - o gênero gráfico, abordando suas principais características e definições com base nas diferentes perspectivas nas quais encontra-se inserido. Primeiramente, será abordada a questão do gênero de forma mais ampla. Em seguida, as diferentes definições de gráfico com as quais a pesquisa está alinhada e, por fim, a importância do desenvolvimento do letramento estatístico que está diretamente relacionado à habilidade de interpretar e avaliar informações provenientes de gráficos nos textos em geral.

Como Rojo (2005) aponta, investigações e desenvolvimento de trabalhos acerca das teorias de gênero começaram a surgir em decorrência dos novos referenciais nacionais de ensino de línguas (PCNs¹ de língua portuguesa e línguas estrangeiras) os quais consideram os gêneros objetos de ensino, destacando a importância dos mesmos no que tange as suas características tanto no processo de leitura quanto na produção de textos.

Para a autora, os trabalhos referentes às teorias de gênero poderiam ser divididos em duas vertentes, a saber: (a) teoria de *gêneros do discurso* ou *discursivos* e (b) *teoria de gêneros de texto* ou *textuais*.

Ambas as vertentes encontravam-se enraizadas em diferentes releituras da herança bakhtiniana, sendo que a primeira- *teoria dos gêneros do discurso*- centrava-se sobretudo no estudo das situações de produção dos enunciados ou textos e em seus aspectos sócio-históricos e a segunda- *teoria dos gêneros de textos*-, na descrição da materialidade textual (ROJO, 2005, p.185).

¹ Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) são a referência básica para a elaboração das matrizes de referência de diferentes disciplinas. Os mesmos foram elaborados com o intuito de difundir princípios da reforma curricular e orientar os professores quando da busca de novas abordagens e metodologias (Vide <http://portal.inep.gov.br/web/saeb/parametros-curriculares-nacionais>).

Para Bakhtin (2003 [1952-53], p.261), “*todos os diversos campos da atividade humana estão ligados ao uso da linguagem*”.

Ainda segundo o autor:

O emprego da língua efetua-se em forma de enunciados (orais e escritos) concretos e únicos, proferidos pelos integrantes desse ou daquele campo da atividade humana. Esses enunciados refletem as condições específicas e as finalidades de cada referido campo não só por seu conteúdo (temático) e pelo estilo da linguagem, ou seja, pela seleção dos recursos lexicais, fraseológicos e gramaticais da língua mas, acima de tudo, por sua construção composicional. Todos esses três elementos- o conteúdo temático, o estilo, a construção composicional- estão indissoluvelmente ligados no todo do enunciado e são igualmente determinados pela especificidade de um determinado campo da comunicação (2003 [1952-53], p.261).

Bakhtin ressalta que cada enunciado possui caráter individual, embora cada área de utilização da língua, ou seja, o contexto no qual os indivíduos estão inseridos, elabore seus “tipos relativamente estáveis de enunciados”, os quais são denominados gêneros discursivos/textuais. Em sua obra *Estética da Criação Verbal*, o autor utiliza o termo **gêneros discursivos** (grifo meu) que são descritos como “*tipos relativamente estáveis de enunciados*” (BAKHTIN, 2003 [1952-1953]). Já Marcuschi (2002) não menciona o termo gêneros discursivos, utilizando em vários trabalhos o termo **gêneros textuais** (grifo meu).

Usamos a expressão *gênero textual* como uma noção propositalmente vaga para referir os *textos materializados* que encontramos em nossa vida diária e que apresentam *características sócio-comunicativas* definidas por conteúdos, propriedades funcionais, estilo e composição característica. Se os tipos textuais são apenas meia dúzia, os gêneros são inúmeros. Alguns exemplos de gêneros textuais seriam: *telefonema, sermão, carta comercial, carta pessoal, romance, bilhete, reportagem jornalística, aula expositiva, reunião de condomínio, notícia jornalística, horóscopo, receita culinária, bula de remédio, lista de compras, cardápio de restaurante, instruções de uso, outdoor, inquérito policial, resenha, edital de concurso, piada, conversa espontânea, conferência, carta eletrônica, bate-papo por computador*, aulas virtuais e assim por diante (MARCUSCHI, 2002, p. 22-23).

Tendo em vista que o gênero gráfico será observado enquanto um tipo de enunciado relativamente estável com características sócio-comunicativas utilizado em contexto acadêmico por alunos graduandos de Engenharia, não faço pois, distinção entre os termos, utilizando-os de forma intercambiável ao longo de todo o trabalho.

Há uma infinidade de gêneros, tanto orais quanto escritos que podem ser, segundo Bakhtin, classificados em gêneros primários e secundários. Gêneros primários (simples) são aqueles formados em condições de comunicação discursiva imediata. Entende-se por gêneros secundários (complexos), aqueles que surgem a partir de contextos culturais mais complexos e relativamente muito desenvolvidos e organizados (predominantemente, o escrito). Para Rojo (2005), Bakhtin associa os gêneros primários à modalidade oral e às práticas do cotidiano, enquanto os gêneros secundários estão relacionados aos sistemas ideológicos constituídos oriundos de contextos nos quais as situações sociais apresentam-se mais complexas e evoluídas, na maioria das vezes, referente à modalidade escrita da linguagem. Aos gêneros secundários, também são atribuídas as demais linguagens não verbais e mídias.

A conceituação de gênero na literatura é vasta. Neste trabalho, compartilhamos de uma visão de gênero textual compatível com a de Marcuschi, que considera os gêneros como “*produtos culturais, sociais e históricos*, que passam a existir a partir de determinadas práticas sociais” (MARCUSCHI, 1996, p.04). Segundo o autor, os gêneros surgem como formas da comunicação, atendendo a necessidades de expressão do ser humano, moldados sob influência do contexto histórico e social das diversas esferas da comunicação humana.

...os gêneros textuais surgem, situam-se e integram-se funcionalmente nas culturas em que se desenvolvem. Caracterizam-se muito mais por suas funções comunicativas, cognitivas e institucionais do que por suas peculiaridades linguísticas e estruturais. São de difícil definição formal, devendo se contemplados em seus usos e condicionamentos sócio-pragmáticos caracterizados como práticas sócio-discursivas. Quase inúmeros em diversidade de formas, obtêm denominações nem sempre unívocas e, assim como surgem, podem desaparecer (MARCUSCHI, 2002, p.20).

O autor entende que os gêneros “apresentam características sócio-comunicativas definidas por conteúdos, propriedades funcionais, estilo e composição característica” (MARCUSCHI, 2002, p.22). O autor ainda afirma que,

“gêneros não são entidades formais, mas sim entidades comunicativas. Gêneros são formas verbais de ação social relativamente estáveis realizadas em textos situados em comunidades de práticas sociais e em domínios discursivos específicos” (MARCUSCHI, 2002, p.25).

Com base na definição postulada por Marcuschi (2002), percebe-se que gêneros são dinâmicos e apresentam-se em constante transformação tendo em vista as demandas decorrentes das práticas sociais existentes. Conforme o autor aponta, “é impossível se comunicar verbalmente a não ser por algum gênero textual” (p.22). Nessa perspectiva, alinham-se os teóricos que consideram a língua uma atividade social, histórica, e cognitiva. Aqueles que priorizam o aspecto funcional e interativo da mesma e não somente seus aspectos estruturais e formais, como por exemplo, Bakhtin (2003 [1952-53]) e Bronckart (1999).

Marcuschi também destaca as implicações pedagógicas do trabalho com gêneros no contexto escolar/acadêmico uma vez que os mesmos podem proporcionar aos alunos a oportunidade de lidar com a diversidade de eventos comunicativos existentes em diversas práticas sociais, auxiliando-os na produção e compreensão de diferentes enunciados.

Para fins deste trabalho, outro aspecto relevante associado ao conceito de gênero é o de propósito/objetivo comunicativo e de comunidade discursiva. Nesse sentido, são relevantes as considerações de Swales (1990, p. 46), para quem “os gêneros discursivos são veículos de comunicação para atingir um objetivo”. Segundo o autor, todo gênero compreende uma classe de eventos comunicativos que compartilham os mesmos propósitos comunicativos. Tais propósitos são reconhecidos pelos membros pertencentes à comunidade discursiva de origem, e, por esse motivo constituem o conjunto de razões para determinado gênero. Essas razões são responsáveis por moldar a estrutura esquemática do discurso e influenciar/limitar a seleção do conteúdo e estilo (SWALES, 1990, p.58).

Em relação à definição de comunidades discursivas, o autor esclarece que:

As comunidades discursivas são redes sócio-retóricas a fim de trabalharem em prol de conjuntos de objetivos comuns. Uma das características que os membros estabelecidos dessas comunidades discursivas possuem é a familiaridade com gêneros particulares que são usados no favorecimento desses conjuntos de objetivos. Conseqüentemente, os gêneros são propriedades das comunidades discursivas, ou seja, os gêneros pertencem às comunidades discursivas e não aos indivíduos, a outros tipos de agrupamento ou a comunidades de fala (Speech Community) mais amplas (SWALES, 1990, p. 9).

O autor propõe os seguintes aspectos a fim de caracterizar uma comunidade discursiva²:

- ✓ Possui objetivos públicos comuns;
- ✓ Possui meios de intercomunicação comuns entre seus membros;
- ✓ Por meio da participação de seus membros promove troca de informações entre os indivíduos;
- ✓ Compartilham um ou variados gêneros;
- ✓ Ao possuir determinados gêneros, a comunidade discursiva também compartilha itens lexicais específicos;
- ✓ Possui membros especializados em determinadas áreas.

Em suma, Swales construiu sua própria definição de gênero com base em quatro disciplinas distintas: (a) estudos folclóricos, (b) estudos literários, (c) linguística e (d) retórica. Após uma análise dos pontos em comum das diferentes vertentes, elaborou uma visão de gênero que compreende os participantes da comunidade discursiva, os eventos comunicativos e as convenções sócio-culturais que juntos possuem um mesmo objetivo. Para o autor, o propósito comunicativo compartilhado pelos membros de uma determinada comunidade na qual o gênero é utilizado é o principal aspecto de seu conceito.

Diante do exposto, para este trabalho, gráficos são considerados gêneros textuais/discursivos que circulam em variados contextos, nas diversas práticas

² Em estudos posteriores, Swales reviu as características primeiramente apresentadas para o conceito de comunidade discursiva, uma vez que aspectos como renovação de gêneros ou reconhecimento/aceitação de gêneros novos até então não haviam sido contemplados (Ver Swales 1992, 1998).

sociais do dia a dia e áreas do saber (academia), corroborando assim, para sua natureza de objeto interdisciplinar. Analisando o gênero gráfico com base nas definições apresentadas, considero o mesmo um evento comunicativo cujos principais propósitos são: (a) representar visualmente as informações que contém dados numéricos/estatísticos; (b) apresentar de forma mais sucinta/condensada as informações apresentadas; (c) permitir uma maior agilidade na visualização de dados quantitativos tendo em vista a sua forma clara e direta de apresentação dos dados, e por fim, (d) facilitar a compreensão, possibilitando ao leitor uma interpretação dos dados de forma mais rápida, clara e objetiva.

A ideia de comunidade discursiva refere-se às pessoas que trabalham/lidam com um dado gênero e conseqüentemente possuem um maior conhecimento deste (SWALES, 1990, p.54). Cumpre ressaltar que uma das condições necessárias para pertencer a uma comunidade discursiva é dominar, ainda que razoavelmente, os gêneros com os quais lidam/trabalham assim como a capacidade de manipular as convenções comunicativas e pragmáticas deste meio. Com base no conceito de comunidade discursiva postulado por Swales, justificamos a escolha do público-alvo desta pesquisa - alunos de diferentes cursos de Engenharia, por serem membros especializados de um campo do saber que possui como um dos principais gêneros o objeto de estudo da presente pesquisa- os gráficos.

2.1.

Gráficos: conceituação e perspectivas teóricas

Gráficos vinculam-se a diferentes perspectivas teóricas. O ensino de gráficos em matemática parte da função algébrica. Valores são gerados para as variáveis e estes colocados em tabelas para posterior exposição no plano cartesiano. No geral, tais gráficos e funções são ensinados ou usados de forma abstrata, ou seja, sem relação com a realidade ou com a modelagem de fenômenos naturais e físicos (LEINHARDT e outros, 1990). Gráficos quando utilizados em Ciências, Física, Química, por exemplo, possuem como objetivo modelar fenômenos físicos e naturais. Tal processo tem início com a observação empírica do fenômeno para em seguida estabelecer a função que relaciona as variáveis. Os gráficos estatísticos

partem desta observação e procuram as funções matemáticas que podem modelar ou descrever a estrutura dos dados.

No campo da Educação Matemática, o uso de representações gráficas justifica-se pela eficiência na transmissão de informações corroborando o fato de que os gráficos apresentam a informação de forma mais amena e com isso os indivíduos conseguem perceber e raciocinar mais facilmente sobre a mesma (CAZORLA, 2002). São comumente usados para fins de demonstração de funções matemáticas, exposição de dados provenientes das ciências naturais e sociais, e especificação de teorias científicas em livros didáticos ou mídia impressa presentes dentro e fora da sala de aula (KAPUT, 1987; LEWANDOWSKY e BEHRENS, 1999). Biderman (1989) apresenta duas distinções para o termo. Gráficos podem ser (a) demonstrações da matemática, ou seja um recurso formal desta área do saber e (b) um instrumento da estatística para fins de apresentação de informações com o intuito de facilitar a compreensão dos dados apresentados. Sendo assim, temos dois tipos de gráficos: os gráficos matemáticos e estatísticos.

Segundo Pinker (1990), os gráficos estatísticos são utilizados com o propósito de comunicar ao leitor um conjunto de valores em n escalas matemáticas por meio de objetos cujas dimensões (comprimento, forma, posição, dentre outros) correspondem às respectivas escalas e cujos valores em cada dimensão se relacionam com os valores nas escalas correspondentes. Gráficos estatísticos são diferentes dos gráficos matemáticos. Os últimos modelam funções determinísticas, enquanto os primeiros modelam funções não-determinísticas. Os gráficos matemáticos podem modelar fenômenos físicos e naturais, como por exemplo, gráficos de uma função linear, trigonométrica, dentre outros.

Monteiro (1999) destaca o fato de que os gráficos podem ser caracterizados como uma ferramenta cultural que permite ampliar a capacidade humana no que tange não somente ao tratamento de informações quantitativas mas também ao estabelecimento de relações entre as mesmas. No tocante à apresentação gráfica, as informações quantitativas são dispostas em eixos perpendiculares (*eixo x*- abscissa; *eixo y*- coordenada). Cumpre ressaltar que tais informações não são apreendidas por meio de um processo direto, mas por meio da construção de significados sobre os números e variações apresentadas (MONTEIRO, 1999; CARVALHO, 1998).

Os gráficos são classificados de acordo com o método empregado para estabelecer a relação entre os valores quantitativos, a saber: segmentos de linha, colunas ou barras, círculos com setores, dentre outros. Cada gráfico tenta comunicar ao leitor um conjunto de valores nas escalas matemáticas utilizando objetos cujas dimensões visuais correspondem às respectivas escalas e cujos valores em cada dimensão se correlacionam com os valores nas escalas correspondentes. Segundo Carvalho & Araújo (2008), os gráficos podem ser agrupados em três categorias distintas, a saber: gráficos construídos a partir de planos cartesianos (gráficos de coluna e linhas, por exemplo, que compõem a presente tese), sobre figuras circulares³ e triangulares. Gráficos cartesianos podem ser compostos por barras (histogramas) ou colunas, gráficos lineares e diagramas retangulares. São amplamente usados para representar comparações de quantidades e de suas variações no tempo. Os dados devem ser apresentados em ordem crescente ou decrescente quando utilizados em séries geográficas. Em séries históricas, os dados são apresentados em ordem cronológica. Os gráficos de barras (horizontais) ou colunas (verticais) são simples e elaborados a partir de um plano cartesiano, já os gráficos de barras possuem como principal objetivo comparar grandezas com a utilização de retângulos que apresentam largura igual e alturas proporcionais às respectivas grandezas. As barras são diferentes em comprimento somente e não em largura e são separadas pelo mesmo espaço. Os gráficos de coluna possuem o mesmo objetivo dos gráficos de barras. No entanto, são mais utilizados quando as legendas a serem inscritas nos retângulos forem dispostas de forma breve. Vale ressaltar que a diferença entre os gráficos de barras e colunas diz respeito à configuração dos retângulos, ou seja, sua direção (vertical/horizontal). Os gráficos lineares fazem uso de linhas que unem pontos situados em um plano cartesiano. São muito úteis na apresentação de séries históricas ou temporais, pois permitem uma avaliação clara da evolução de um fenômeno ao longo de determinado tempo. Também podem ser utilizados para fins de representação da frequência acumulada de um conjunto de dados. O diagrama retangular consiste na figura de um retângulo

³ São gráficos circulares ou setoriais e gráficos polares. Os gráficos circulares ou setoriais são recursos que podem ser utilizados a fim de comparar valores de cada parcela de um conjunto de dados com o total. O somatório dos setores deve sempre corresponder a 360° graus ou 100% dos dados. Para os estímulos experimentais foram utilizados os gráficos de linha e coluna. Gráficos de pizza também foram utilizados como distratores.

cujo comprimento é correspondente ao total (100%) dos dados que serão representados.

Leinhardt, Zaslavsky e Stein (1990) descrevem o gráfico como sendo uma representação simbólica de dados, onde duas ou mais variáveis são relacionadas por meio da utilização do sistema de coordenadas cartesianas. O movimento dos gráficos ocorre em três espaços distintos: o algébrico, o gráfico e o da situação ou fenômeno do qual os dados são extraídos.

Em uma perspectiva linguística, Duarte (2008) caracteriza os gráficos como sendo “um gênero textual composto por linguagem verbal e não verbal, utilizado em demonstrações, exemplificações, inclusive junto a textos verbais informativos, em situações que envolvam conteúdo quantitativo”.

Na área da Psicologia Cognitiva, os gráficos representam visualmente as relações abstratas entre conceitos. São mais eficazes que as tabelas para representação das relações entre variáveis e possuem maior potencial para explorar o processamento da informação visual em humanos (ACARTURK, 2009). São instrumentos que auxiliam o leitor a raciocinar acerca da informação que está sendo apresentada de forma quantitativa, facilitando a apreensão do significado. Acartürk (2009) define gráficos como “artefatos cognitivos humanos que dispõem de uma estrutura sintática clara, enquanto outros tipos de representações como ilustrações pictóricas não dispõem de tal estrutura” (p. 17). Gráficos são representações externas do mundo externo por meio de conceptualizações mentais.” (p. 18), ou seja, é como se os gráficos representassem a conceptualização mental do mundo externo. Pela capacidade que possuem de serem construídos e interpretados por regras e convenções, os gráficos apresentam natureza comunicativa. Um aspecto comum entre os gráficos e a linguagem é que ambos são meios de comunicação com uma estrutura gramatical.

Tendo em vista que os gráficos permeiam diferentes campos do saber e são tão frequentemente utilizados no dia a dia, faz-se necessário pois, uma reflexão acerca das novas práticas de leitura e de escrita decorrentes deste gênero tanto no que tange ao seu processamento e/ou produção. A interpretação e análise de dados por meio da utilização de gráficos contribui para a leitura e compreensão de informações sob a luz dos números, surgindo o que denominamos de letramento

estatístico. Na seção seguinte, discorrer-se-á sobre este conceito, apresentando, inicialmente, a dicotomia alfabetização/letramento.

2.2. O letramento estatístico

Letramento é um conceito introduzido no campo da Educação e das ciências linguísticas que surgiu para atender a uma nova configuração de comportamentos e práticas sociais no que tange às habilidades de leitura e escrita que vão além do domínio do sistema alfabético e ortográfico, o qual denomina-se alfabetização (SOARES, 2004).

Esse novo fenômeno só ganha visibilidade depois que é minimamente resolvido o problema do analfabetismo e que o desenvolvimento social, cultural, econômico e político traz novas, intensas e variadas práticas de leitura e de escrita, fazendo emergirem novas necessidades, além de novas alternativas de lazer. Aflorando o novo fenômeno, foi preciso dar um nome a ele: quando uma nova palavra surge na língua, é que um novo fenômeno surgiu e teve de ser nomeado. Por isso, e para nomear esse novo fenômeno, surgiu a palavra letramento (SOARES, 2001, p. 46).

Segundo Soares (2001, p. 47), a alfabetização é definida como “ação de ensinar a ler e a escrever”, já o termo letramento é caracterizado como o “estado ou condição de quem não apenas sabe ler e escrever, mas cultiva e exerce práticas sociais que usam a escrita.

Diferentemente do processo de alfabetização, a preocupação com o uso social da leitura e da escrita contribui para necessidade do letramento. Ser letrado significa ter a capacidade de incorporar tais habilidades nas práticas sociais cotidianas pertinentes aos diversos contextos sociais.

Para a autora, o letramento possui duas dimensões: a individual e a social. A dimensão individual corresponde a um atributo pessoal, isto é, a posse da habilidade de leitura e escrita por parte dos indivíduos. Quanto à dimensão social,

o letramento é considerado um fenômeno cultural que abrange um conjunto de atividades sociais que utilizam a língua escrita.

Para Carvalho (2008), o processo de alfabetização pode ser caracterizado como o ato de ensinar o código alfabético; enquanto o processo de letramento é familiarizar o indivíduo com as diversas práticas sociais de leitura e escrita existentes.

Para Kleiman (2006), “ser letrado significa ter desenvolvido e usar uma capacidade metalinguística em relação à própria linguagem”, ou seja, ser capaz de refletir sobre as escolhas e consequências de determinados recursos usados para a comunicação, em qualquer contexto social (p. 17). Kleiman (2007) destaca o fato de que estudos de letramento partem de uma concepção na qual leitura e escrita são consideradas práticas discursivas compostas de variadas funções indissociáveis dos contextos aos quais pertencem.

Alfabetização e letramento são conceitos distintos, uma vez que um indivíduo alfabetizado é aquele que se apropria/adquire o sistema de comunicação linguístico verbal escrito, ou seja, é capaz de dominar a tecnologia de ler e escrever, enquanto que um indivíduo letrado é aquele que possui a capacidade de entender, refletir e utilizar esse sistema de forma adequada nas diversas situações do cotidiano.

No entanto, cumpre ressaltar que um não é condição para o outro, pois como afirma Rojo (2009, p.98), “é possível ser não escolarizado e analfabeto, mas participar, sobretudo nas grandes cidades, de práticas de letramento, sendo, assim, letrado de uma certa maneira”, ou seja, um indivíduo pode ser alfabetizado e não letrado e vice versa, embora alfabetização e letramento sejam processos indissociáveis devendo ocorrer de forma simultânea (SOARES, 2003).

Atualmente, devido à globalização e às transformações no que tange às novas formas de comunicação e transmissão de variados tipos de informação existem diversos tipos de letramento como aponta Rojo (2009):

Podemos dizer que, por efeito da globalização, o mundo mudou muito nas duas últimas décadas. Em termos de exigências de novos letramentos, é especialmente importante destacar as mudanças relativas aos meios de comunicação e à circulação da informação (ROJO, 2009, p. 105).

Diante deste novo cenário, surge o conceito de letramentos múltiplos (novas práticas de letramento) que consiste nas diferentes formas de uso das habilidades de leitura e escrita que constituem a cultura escolar e dominante, assim como as culturas populares e locais nas quais os indivíduos encontram-se inseridos (ROJO, 2009).

Seguindo esta nova perspectiva, Cope e Kalantzis (1996), precursores do NGL⁴, introduziram o termo multiletramento que está diretamente associado ao crescimento da diversidade linguística e cultural assim como a influência da linguagem de novas tecnologias.

De acordo com os autores, devido à heterogeneidade das práticas sociais existentes que envolvem leitura e escrita e que atualmente circulam nas sociedades contemporâneas, há a necessidade do uso de novas linguagens para fins de construção de significados que vão além dos textos escritos. O domínio de outros meios tais como: imagens, sons, dentre outros torna-se necessário para atender às demandas atuais. Esta afirmação vai ao encontro com o que Rojo descreve como letramentos multissemióticos. Para a autora, estes letramentos se fazem necessários para as demandas atuais, pois são “exigidos pelos textos contemporâneos, ampliando a noção de letramentos para o campo da imagem, da música, das outras semioses que não somente a escrita” (2009, p. 107). Textos estes oriundos de diferentes gêneros e linguagens.

Considerando a perspectiva de letramento, e mais especificamente, aquele que considera outros recursos que não só a linguagem escrita, apresenta-se o letramento estatístico que pode ser caracterizado como a habilidade de compreensão e avaliação de forma crítica dos resultados estatísticos que estão presentes no dia a dia (representados principalmente pela utilização de gráficos) aliada à habilidade de tomada de decisões públicas, privadas, pessoais e profissionais (WALLMANN, 1993).

Para Santana (2011, p. 08), “o importante papel da Estatística no desenvolvimento de um pensamento crítico (...) e a necessidade de se formarem

⁴ NGL- The New London Group. Grupo formado por estudiosos americanos, australianos e ingleses que publicaram o artigo *A Pedagogy of Multiliteracies: Designing Social Futures* no ano de 1996 no qual o termo multiletramento surge pela primeira vez.

cidadãos que devem interpretar e tomar decisões baseadas em informação estatística nos leva a crer que devemos considerar o letramento estatístico como meta de ensino”.

De acordo com Gal (2002), um adulto que vive numa sociedade industrializada é considerado letrado quando o mesmo apresenta a capacidade de interpretar as informações estatísticas considerando os argumentos referentes aos dados/fenômenos apresentados em variados contextos. Ademais, os indivíduos precisam compreender, interpretar, avaliar criticamente e reagir a mensagens estatísticas a fim de discutir assuntos e emitir opiniões acerca dos resultados descritos.

No modelo de letramento estatístico proposto pelo autor, há o envolvimento de dois elementos distintos: elementos de conhecimento (cognitivos) e de disposição, conforme ilustrado a seguir:

Elementos de Conhecimento	Elementos de disposição
Habilidades de letramento	Crenças e atitudes
Conhecimento estatístico	Postura crítica
Conhecimento matemático	
Conhecimento de mundo/contexto	
Questionamento crítico	

Tabela 1: Modelo de letramento estatístico proposto por Gal (2002).

Os elementos de conhecimento estão relacionados às competências de compreensão, interpretação e avaliação crítica de informações estatísticas, a saber:

- **Habilidades de letramento**- capacidade de emitir opiniões nas formas oral e escrita, entender uma ampla variedade de mensagens com graus de complexidade distintos e estar ciente do significado de determinados termos estatísticos utilizados;
- **Conhecimento estatístico**- possuir a capacidade de saber por que os dados são necessários e como os dados podem ser produzidos, familiaridade com os termos básicos e ideias relacionadas à estatística descritiva, assim como aos termos e ideias referentes aos gráficos e

tabelas; entender noções básicas de probabilidade e saber como conclusões e inferências estatísticas são obtidas;

- **Conhecimento matemático-** noções básicas dos procedimentos matemáticos elementares e da linguagem/termos utilizados nesta área do saber;
- **Conhecimento de mundo/contexto-** familiaridade com os contextos nos quais os dados são coletados/apresentados;
- **Questionamento crítico-** competência para formular questões. Capacidade de análise crítica das informações estatísticas apresentadas.

Os elementos de disposição permitem um questionamento/reflexão sobre as informações apresentadas. São eles:

- **Crenças e atitudes-** ideias e opiniões próprias dos indivíduos e crenças de que o mesmo consegue interpretar as informações descritas em gráficos, desencadeando assim respostas emotivas negativas/positivas no tocante à investigação dos dados;
- **Postura crítica-** postura questionadora frente às informações estatísticas.

Cumprе destacar que os elementos constituintes de ambos componentes não agem de forma independente e que sobreposições acontecem para que o letramento estatístico seja caracterizado.

Analisando o modelo postulado por Gal (2002), é possível perceber que os conhecimentos pertinentes às áreas de matemática/estatística, principalmente, são de extrema importância para que o sujeito possa se desenvolver e tornar-se um ser letrado estatisticamente. Além dos conhecimentos específicos supracitados, o autor também considera o conhecimento de mundo, as habilidades de leitura/interpretação do indivíduo, assim como a sua capacidade crítica, crenças e atitudes, fatores importantes e necessários para a configuração do letramento.

Sendo os gráficos gêneros multimodais que agregam diferentes formas de representação, torna-se necessário pois, que o indivíduo também seja capaz de integrar ambas representações a fim de atribuir sentido aos gêneros dessa natureza. Dionísio (2005), afirma que “na sociedade contemporânea, a prática de letramento

da escrita, do signo verbal deve ser incorporada à prática de letramento da imagem, do signo visual”.

Diante do exposto e com base no modelo de Gal (2002) que parece não considerar a capacidade de integração de informação linguística e visual para fins de compreensão/interpretação de representações gráficas, esse estudo objetiva por meio da investigação da integração de modalidades distintas, contribuir para uma ampliação do conceito de letramento estatístico vigente até então na academia. Um modelo que priorize não só os conhecimentos oriundos da matemática/estatística, mas que também considere a habilidade de integração de informações distintas como fator importante para o desenvolvimento do letramento estatístico.

3

A interface linguagem/visão

Neste capítulo, apresenta-se uma discussão referente à integração entre informação linguística e visual numa perspectiva cognitiva que está diretamente relacionada à arquitetura da mente, em especial, às questões relativas à representação e organização do conhecimento. Nesse sentido, interessa-nos refletir sobre o conceito de módulo cognitivo e de interface entre o sistema linguístico e visual. Para tanto, será apresentada a visão de Fodor (1983)⁵ acerca da modularidade da mente, a qual baseia-se, principalmente, na teoria linguística de Chomsky (1957). Em seguida, a proposta postulada por Jackendoff (1996) no que tange à modularidade representacional. Também são abordados aspectos inerentes à Teoria da Codificação Dual, proposta por Paivio (1986) e à percepção visual de Pylyshyn (2003).

A abordagem modular dos processos cognitivos teve início em 1956 quando Chomsky expôs o trabalho intitulado *A gramática transformacional* no Simpósio do MIT⁶. Este trabalho seria uma prévia de sua teoria linguística, melhor desenvolvida em *Syntactic Structures*, de 1957. Na Gramática Transformacional, a linguagem é compreendida como um processo responsável por gerar sentenças. Tal processo caracteriza-se por ser estruturado, regido por regras e padrões de transformação que são baseados em modelos formais que descrevem padrões universais de comunicação. Para Chomsky, os modelos formais (regras gramaticais) são decorrentes de uma capacidade que o falante possui, parte da natureza humana, ou seja, uma gramática universal (inata) por meio da qual é possível gerar sequências gramaticalmente aceitas sob a perspectiva “computacional” da sintaxe. De acordo com o inatismo, o homem possui um

⁵ Após esse trabalho, Fodor faz uma crítica ao que ele denomina de Nova Síntese – a psicologia evolucionista que congrega a teoria computacional da mente e a biologia evolucionista utilizada por Pinker para fins de compreensão da mente humana. Segundo Fodor, há incoerências nos pressupostos apresentados pelas duas teorias supracitadas. Para o autor, Pinker superestimou a explicação adaptacionista das estruturas mentais inatas e a teoria da modularidade da mente. De acordo com Pinker, em sua concepção modular da mente, não existe um processador central (como Fodor apontara em sua tese inicial). Fodor afirma que para a Nova Síntese, a modularidade da mente maciça (generalizada) é o que conduz os psicólogos dessa escola ao adaptacionismo e especulações acerca da filogênese da cognição. Ver *The Mind doesn't work that way* (2000).

⁶ Massachusetts Institute of Technology (MIT). Instituto de Tecnologia de Massachusetts.

aparato biológico pré-disposto para o processo de aquisição da linguagem (que possui uma natureza abstrata).

Chomsky ao dar início à abordagem modular dos processos cognitivos parte do pressuposto de que o processo de informação é operado por módulos, relativamente independentes uns dos outros os quais são capazes de processar um tipo de informação por vez, ou seja, a teoria da modularidade da mente determina que a mente é composta por diversos módulos de processamento de informação que operam de forma individual, processando um tipo específico de informação, podendo ser esta de cunho linguístico, visual, corporal, dentre outros.

Com base na teoria transformacional de Chomsky e na sua concepção inatista da linguagem, para Fodor (1983), a mente pode ser considerada heterogênea, possuindo diferentes funções ou noções mentais, tais como: “sensação e percepção, volição e cognição, aprendizagem e memória, linguagem e pensamento” (FODOR, 1983, p. 01). De acordo com sua concepção de modularidade da mente, o autor postula que os indivíduos possuem uma linguagem inata (o mentalês) que lhes permite aprender e operar com as línguas naturais.

Seu modelo de arquitetura da mente é constituído por transdutores⁷, um conjunto de módulos especializados e um processador central. Tal processador possui flexibilidade na tomada de decisões e resolução de problemas por meio de diversos *inputs* que recebe, permitindo assim, a construção de hipóteses (crenças) sobre como o mundo se apresenta. Os módulos exercem determinadas funções de forma independente e referem-se a um domínio específico. São, portanto,

⁷ Um *transdutor* é um dispositivo que tem a função de transformar um determinado tipo de energia em outro tipo de energia. Para isso, é utilizado um elemento sensor que recebe os dados e os transforma. Na produção de neuroimagens, uma das aplicações de transdutor é na medição de fluxo sanguíneo intracraniano através do desvio da frequência de um sinal ultra-sônico (Efeito Doppler) emitido por um cristal e refletido pelas partículas móveis do sangue, por exemplo, as hemáceas. Na forma convencional, o sinal refletido é captado por um segundo cristal montado ao lado do transmissor, e encapsulados juntos: o *transdutor* (ou sonda) ultra-sônico que está normalmente conectado através de cabos elétricos a um equipamento eletrônico. O transdutor é responsável, portanto, por estimular o cristal transmissor gerando uma frequência definida. Em seguida, recebe o sinal captado pelo segundo cristal, calcula o desvio da frequência, e com isto a velocidade das partículas do sangue. Este processo faz com que as partículas recebam o sinal de ultra-som, absorvendo parte deste. Depois disso, as partículas vibram na frequência que sentem efetivamente o sinal, a chamada *frequência desviada*. Ao mesmo tempo, estas partículas funcionam como uma espécie de fontes móveis de ultra-som, emitindo sinal em todas as direções. Isto corresponde na realidade ao efeito de espalhamento. O sinal re-emitido é então captado por cristal receptor (CANDIOTTO, 2008, p. 178).

informacionalmente encapsulados. Cada módulo possui uma maneira de funcionamento inato. Segundo o autor (1983), a aprendizagem é decorrente de uma adaptação dos módulos supracitados ao ambiente.

Conforme já mencionado, a arquitetura do modelo computacional da mente proposto por Fodor é constituído por três sistemas que operam de forma sequencial. São eles:

- *Sistemas transdutores* (compiladores) – sistemas de nível sensorial que fornecem os suportes referentes à percepção, como por exemplo, a visão, e a audição (FODOR, 1983, p.61-4);
- *Sistemas de entrada* – é a operação encapsulada cuja função é identificar os objetos por suas características visuais, auditivas, etc. São compostos por módulos em *bottom-up* isolados informacionalmente. Por exemplo, o domínio da audição é específico de seu próprio sistema de entrada, não sendo “invadido” por outros domínios como a visão (FODOR, 1983, p.64-7);
- *Processador central* – responsável por processar as informações do sistema de entrada e aquelas já armazenadas na memória, de forma *isotrópica*, ou seja, a informação aparece integrada e acessível ao longo de sua estrutura (FODOR, 1983, p. 86-99).

A metáfora da mente modular⁸ postulada por Fodor possui como objetivo primeiro compreender como a estrutura da mente é composta e como as capacidades cognitivas são organizadas. A fim de responder tais questões, o autor destaca explicações sobre a natureza da estrutura mental que serão detalhadas posteriormente, a saber: (a) o Neo- cartesianismo: a estrutura da mente é vista como a estrutura do conhecimento; (b) as faculdades horizontais; (c) as faculdades verticais, e por fim: (d) o associacionismo.

⁸ A metáfora da mente modular foi apresentada por Fodor em sua obra *A Modularidade da Mente* (1983), originária de um curso sobre Teoria da Cognição, desenvolvido em conjunto com Chomsky no ano de 1980 e ministrado no MIT.

Vale ressaltar que, segundo Fodor, a visão por ele apresentada, será *shamelessly eclectic* (1983, p. 03), “despudoradamente eclética”, o que corrobora para o fato de que não são as únicas existentes ou exclusivas.

Na primeira explicação formulada, Fodor faz uma referência à noção de inatismo proposta por Descartes e demonstra a influência de Chomsky em suas ideias quando apresenta o Neocartesianismo que considera a estrutura da mente com sendo uma estrutura do conhecimento. O Neocartesianismo apóia-se na perspectiva chomskyana de que a mente é intrinsicamente e geneticamente estruturada em faculdades mentais ou “órgãos” (1983, p. 03). Tal perspectiva ilustra a noção de Chomsky de que a interação de natureza computacional⁹ entre uma faculdade mental ou órgão linguístico proporciona o aprendizado. Sendo assim, este processo de aprendizagem seria oriundo da interação existente entre construções universais da língua e da exposição a dados empíricos presentes no ambiente.

Outro aspecto a ser considerado no Neocartesianismo é a referência aos conteúdos proposicionais dos estados mentais que atuam de forma dedutiva. Para ilustrar a importância das deduções, Fodor menciona Platão ao narrar a história de um escravo que consegue responder questões de geometria sem conhecimento anterior (1983, p. 06). Conclui-se pois, que deduções são extrações de uma teoria universal tanto de números quanto de formas.

De acordo com o Neocartesianismo, as faculdades mentais são caracterizadas pelo seu conteúdo proposicional. Por exemplo, a faculdade da linguagem pode ser identificada por meio da informação sobre universais linguísticos que a compõem. Da mesma forma que a faculdade dos números pode ser distinta pelas informações apresentadas sobre a teoria dos números, e assim por diante. Contrariando a ideia de que tais faculdades são caracterizadas por seus conteúdos, surge a segunda explicação mencionada por Fodor, compreendendo a estrutura mental como arquitetura funcional.

Na perspectiva das faculdades horizontais, uma mesma faculdade pode se desdobrar em domínios cognitivos diferentes. Independentemente de sua natureza, faculdades tais como: atenção, memória, percepção, por exemplo, podem se

⁹ Por interação de natureza computacional, entende-se a interação decorrente de transformações sobre representações.

estender a outros domínios. Partindo desse pressuposto, poderíamos considerar que o sistema de memória utilizado para lembrar de um fato passado, como por exemplo: “o carro quebrou”, seria o mesmo para se referir a um objeto recebido como presente em seu aniversário. Sendo assim, uma faculdade horizontal pode ser considerada um sistema cognitivo que permeia mais de um domínio. Se há um mesmo mecanismo psicológico para identificação de diferentes conteúdos, então esse mecanismo é horizontal, conclui Fodor.

Fodor advoga que a perspectiva horizontal das estruturas mentais possui um caráter simplista uma vez que parece ser oriunda do senso comum (1983, p. 14). Contrariando essa perspectiva, temos a terceira explicação que consiste na verticalização das estruturas mentais como arquitetura funcional. Fodor aponta F. J. Gall (1758-1828) como o pioneiro da noção de que as faculdades verticais são aplicadas em domínios cognitivos específicos, desempenhando uma função autônoma.

Para Gall, as faculdades horizontais não existem, ou seja, não há juízo, atenção, volição ou memória (FODOR, 1983, P.14). Passamos a ter, pois, propensões, disposições e/ou aptidões que são consideradas competências em domínios específicos. Como exemplo, podemos citar os diferentes tipos de aptidão: a aptidão musical, matemática, linguística, cujos mecanismos psicológicos são distintos para cada capacidade relacionada. Um exemplo explícito dessa nova perspectiva apresentada por Gall está relacionada ao sistema de memória. Segundo o teórico, não poderíamos considerar a memória uma faculdade horizontal, pois os indivíduos não possuem a mesma capacidade de lembrança, ou seja, ninguém consegue lembrar igualmente bem de tudo em variados domínios cognitivos. Podemos observar que há pessoas que memorizam melhor os números, outras, fisionomia de pessoas, letras de música, entre outros. Com isso, percebemos que não é possível falar em capacidade de memória, por exemplo, mas de parâmetros de diferentes módulos, podendo ser estes da visão, audição, paladar, intelecto, memória, etc. (FODOR, 1983, p.15).

Em suma, segundo Gall, as faculdades verticais apresentam as seguintes características: (a) são específicas para cada domínio; (b) são determinadas geneticamente; (c) estão associadas a diferentes estruturas neurais; e (d) são computacionalmente autônomas¹⁰.

Ressalta-se que Fodor (1983) considera a verticalidade das faculdades mentais a mais significativa contribuição para a psicologia teórica, e principalmente, para a noção de módulo cognitivo.

A quarta e última explicação a fim de responder as questões inicialmente apresentadas refere-se ao associacionismo que é oposto às teorias das faculdades vertical e horizontal. Para os associacionistas, tais faculdades não são capazes de explicar a estrutura mental e nem seriam a base de entidades mais fundamentais.

Fodor (1983, p.27) aponta algumas noções acordadas entre os associacionistas para fins de explicação de uma teoria cognitiva, a saber:

- Existe um conjunto de elementos primitivos que são constituintes das estruturas psicológicas. Para os associacionistas de cunho mais comportamental, tais elementos referem-se à noção de *reflexo*. Para os de cunho mais “mentalista”, as estruturas psicológicas podem ser consideradas *ideias*;
- Leis associativas aplicadas as ideias e reflexos são aceitas uma vez que tais elementos são produtos de associações. Consequentemente, há uma distinção entre estruturas psicológicas elementares e complexas;
- As leis associativas são princípios cuja função é reger a maneira pela qual a experiência empírica de um organismo determina quais ideias serão associadas e quais reflexos condicionados serão elaborados;
- As relações associativas permitem parâmetros para as estruturas psicológicas relacionadas.

¹⁰ As faculdades verticais podem ser consideradas computacionalmente autônomas uma vez que suas capacidades fundamentais não compartilham e tão pouco competem entre si por recursos de caráter horizontal.

Em suma, para o associacionismo, há apenas a capacidade de fazer associações, não considerando as demais capacidades mentais. Por conseguinte, não existem faculdades, mas relações entre ideias e reflexos, de natureza computacional. O associacionismo se contrapõe ao conceito de arquitetura da mente, valorizando a existência de relações dinâmicas, tais como: a atração, assimilação, etc. Prioriza-se o produto, o corpus em detrimento da faculdade, a capacidade gerativa.

Com base nas quatro explicações estabelecidas, Fodor (1983) tenta explicar a estrutura da mente e conclui que os processos modulares são aqueles mais produtivos no que tange à compreensão da mente. Embora o autor destaque o fato de que processos não modulares existem (pensamento e fixação de crenças), pouco progresso foi obtido nesta perspectiva. Neste caso, “os argumentos convincentes utilizados pela não-modularidade devem ser recebidos com considerável pessimismo” (FODOR, 1983, p.38).

3.1. A teoria da Modularidade Representacional

Embora a obra de Fodor tenha contribuído de forma significativa para uma nova teoria a respeito da mente, principalmente no que tange ao conceito da arquitetura mental, na qual vários módulos atuam e interagem no processo cognitivo, Fodor não discute como se daria a comunicação intermodular, aspecto que será diretamente enfocado por Jackendoff (1996), que propõe a teoria da modularidade representacional. Essa teoria, descrita a seguir, é relevante para a discussão relativa à integração texto-imagem, uma vez que considera como seriam as relações de interface entre representações provenientes de módulos distintos, como o módulo linguístico e visual, por exemplo.

De acordo com a teoria denominada Modularidade Representacional, a mente codifica informação em formatos distintos ou “linguagens da mente”. Segundo o autor, há um módulo da mente responsável por cada um desses formatos.

As estruturas sintática e fonológica, por exemplo, são níveis diferentes de codificação. Cada um desses módulos pertence a um domínio específico (sintaxe e fonologia, respectivamente) e encapsulados informacionalmente, segundo o termo proposto por Fodor (1983). Os módulos representacionais de Jackendoff (1996) diferem dos módulos apresentados por Fodor uma vez que os mesmos são caracterizados pelas representações que processam e não por suas funções como entrada e saída de informação. Segundo o autor, isso significa que poderiam existir módulos híbridos, que congregariam informação de níveis distintos de codificação, em relação de interface. Assim, poderia existir, por exemplo, um módulo sintático-fonológico, um módulo semântico-sintático (no domínio da língua) e também módulos de interface da língua com outros domínios cognitivos, como aquele que envolveria a comunicação entre estrutura conceitual e representação espacial.

Para Jackendoff, há a necessidade de se estabelecer uma teoria da comunicação intermodular a fim de descrever o processo de interação entre os diferentes módulos, mais especificamente, os módulos da linguagem e da visão.

Na figura a seguir, apresentam-se os níveis de representação e a interface entre eles. Cada item da figura demonstra um nível de representação servido por um módulo de representação. Tal figura apresenta a representação de três níveis envolvidos na linguagem: os níveis sintático e fonológico, acrescidos da estrutura conceitual, um nível central de representação que possui interface com outras faculdades.

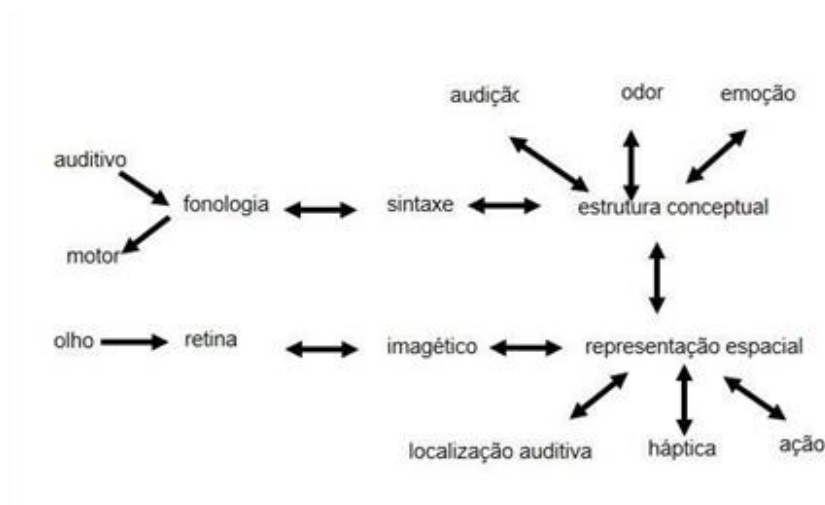


Figura 1: Relação entre linguagem e visão estendida (Jackendoff, 1996).

De acordo com Jackendoff, cada nível de representação possui suas próprias informações. O módulo de interface comunica somente determinados aspectos destas informações para os níveis seguintes. Módulos representacionais, portanto, não são completamente encapsulados informacionalmente, na medida em que os mesmos recebem informação através de módulos de interface, sendo influenciados por outras partes da mente.

3.1.1.

A estrutura conceitual e a representação espacial

A estrutura conceitual codifica representações proposicionais, enquanto a representação espacial é considerada o local do esquema imagético ou a representação do modelo mental¹¹.

Jackendoff (1996) afirma que as estruturas supracitadas poderiam ser consideradas uma versão mais abstrata da teoria mencionada. A estrutura conceitual, conforme postulada por Jackendoff (1983, 1990), é uma codificação do significado linguístico que independe da língua cujo significado codifica. Essa estrutura é caracterizada por uma representação algébrica, no sentido de que as estruturas conceptuais são construídas a partir de características primitivas discretas e funções.

A teoria da estrutura conceitual difere das demais pois considera que os itens lexicais possuem decomposições (estruturas conceptuais lexicais) compostas de características e funções do vocabulário primitivo. Enquanto codificação mental de significado, a estrutura conceitual deve incluir todas as distinções não sensoriais do mesmo realizadas pela linguagem natural. Sendo assim, a estrutura conceitual deve:

- ¹²“Incluir apontadores para todas as modalidades sensoriais de modo que as codificações sensoriais possam ser acessadas e correlacionadas;

¹¹ Tais conceitos assemelham-se à teoria da codificação dual descrita por Paivio (1986) que será apresentada posteriormente.

¹²Tradução minha.

1. CS must contain pointers to all sensory modalities, so that sensory encodings may be accessed and correlated (see next section).

- Conter a distinção entre *tokens* e *types*¹³ de modo que o conceito de um indivíduo (por exemplo, um cachorro) pode ser distinto do conceito do tipo do qual o indivíduo pertence (*todos cachorros*, ou os *cachorros de sua raça*, *todos animais*);
- Abranger a codificação de quantificação e o âmbito quantificador;
- Ser capaz de abstrair ações dos indivíduos que as executam;
- Codificar relações taxonômicas (por exemplo, um pássaro é um tipo de animal);
- Codificar predicados sociais tais como: “é tio de”, “é amigo de”, “é obrigado a”;
- Codificar predicados modais, tais como a distinção entre: “está voando”, “não está voando”, “pode voar”, não pode voar”.

A representação espacial caracteriza-se pela codificação de objetos e suas configurações no espaço. Seguem alguns critérios que tal representação deve satisfazer:

- ¹⁴“Codificar a forma dos objetos em um formato adequado para o reconhecimento dos mesmos quando apresentados em diferentes distâncias e perspectivas;

2.CS must contain the distinction between tokens and types, so that the concept of an individual (say a particular dog) can be distinguished from the concept of the type to which that individual belongs (all dogs, or dogs of its breed, or dogs that it lives with, or all animals).

3.CS must contain the encoding of quantification and quantifier scope.

4.CS must be able to abstract actions (say running) away from the individual performing the action (say Harry or Harriet running).

5.CS must encode taxonomic relations (e.g., a bird is a kind of animal).

6.CS must encode social predicates such as “is uncle of”, “is a friend of”, “is fair”, and “is obligated to”.

7.CS must encode modal predicates, such as the distinction between “is flying”, “isn’t flying”, “can fly”, and “can’t fly”.

¹³ Optou-se pela manutenção dos termos em inglês por não haver tradução adequada aos termos apresentados no texto original.

¹⁴Tradução minha.

1.SR must encode the shape of objects in a form suitable for recognizing an object at different distances and from different perspectives, that is, it must solve the classic problem of object constancy.

2.SR must be capable of encoding spatial knowledge of parts of objects that cannot be seen, for instance, the hollowness of a balloon.

3.SR must be capable of encoding the degrees of freedom in objects that can change their shape, for instance, human and animal bodies.

4.SR must be capable of encoding shape variations among objects of similar visual type, for example, making explicit the range of shape variations characteristic of different cups. That is, must support visual object *categorization* as well as visual object *identification*.

- Ser capaz de codificar conhecimento espacial das partes dos objetos que não podem ser visualizadas, por exemplo, a profundidade de um balão;
- Ser capaz de codificar os graus de liberdade em objetos que podem mudar seu formato, por exemplo, humanos e corpos de animais;
- Codificar variações de forma entre objetos de tipologia visual semelhante. Por exemplo, tornar explícitas as variações de formato características de diferentes xícaras; isto é, auxiliar na categorização visual do objeto assim como na identificação do mesmo;
- Ser adequado para codificação do traçado espacial completo de uma cena e a mediação entre perspectivas alternativas (com que essa cena se parece?) de modo que pode ser utilizada para apoiar o alcance, a navegação e o fornecimento das orientações;
- Ser independente da modalidade espacial de modo que a informação oriunda da localização auditiva, e da posição do corpo (propriocepção) possa ser registrada”.

As representações espaciais são diferentes das estruturas conceituais por serem geométricas (quase topológicas). Por outro lado, não são imagéticas. Uma imagem é restrita a um ponto de vista particular, a representação espacial não. Também é restrita a um exemplo de uma categoria, enquanto as representações não são. Uma imagem não consegue representar as partes invisíveis de um objeto (sua traseira e interior, por exemplo) e as partes obscuras da visão do observador por outros objetos. Já as representações espaciais possuem esta capacidade. Uma imagem é restrita a uma modalidade visual, enquanto a representação espacial pode igualmente codificar de forma satisfatória a informação recebida de forma auditiva ou por propriocepção.

Jackendoff (1996) destaca o fato de que podemos considerar uma representação imagética como sendo perceptual e a representação espacial como

5.SR must be suitable for encoding the full spatial layout of a scene and for mediating among alternative perspectives (“What would this scene look like from over there?”), so that it can be used to support reaching, navigating, and giving instructions (TVERSKY, chapter 12, this volume).

6.SR must be independent of spatial modality, so that haptic information, information from auditory localization, and felt body position (proprioception) can all be brought into registration with one another. It is important to know by looking at an object where you expect to find it when you reach for it and what it should feel like you handle it.

algo cognitivo. As duas estão relacionadas através da interface de tipos gerais encontrados na faculdade da linguagem. Essas representações compartilham determinados aspectos, apesar de cada uma possuir aspectos invisíveis a outra.

3.1.2.

A interface entre estrutura conceitual e representação espacial

O mapeamento entre a estrutura conceitual e a representação espacial é o elo de ligação crucial entre o sistema linguístico e visual. A questão central que se apresenta é: *O que esses dois níveis compartilham que torna possível para o módulo de interface viabilizar a comunicação entre eles?*

A unidade mais básica a ser compartilhada é a noção de um objeto físico que aparece como uma unidade geométrica na representação espacial e como um tipo de constituinte algébrico fundamental na estrutura conceptual. Tal afirmação baseia-se na teoria computacional de Marr¹⁵ (1982), na qual a percepção visual é construída a partir de três etapas do processamento da imagem¹⁶, onde a terceira, o esboço tridimensional estaria relacionada à unidade geométrica apontada por Jackendoff (1996). Nesta etapa, há o reconhecimento de constâncias dos objetos e características ocultas, como por exemplo, uma mesa que possui quatro pés mesmo não sendo possível visualizá-la no todo ou frontalmente. Sendo assim, o formato no qual os objetos são codificados independem da perspectiva do espectador.

As noções de lugar (ou localização) e caminho (ou trajetória) desempenham um papel importante na estruturas conceptuais segundo Talmy 1983; Jackendoff

¹⁵Teoria que destina-se a integrar as diversas evidências psicológicas e fisiológicas em um modelo computacional complexo de percepção visual. Considera tal percepção um procedimento de construção de representações mentais do ambiente a partir de informação sensorial oriundas do meio.

¹⁶Etapa 1-O esboço primário bidimensional no qual há o reconhecimento de determinadas características fundamentais dos objetos (traços, linhas, preenchimento, cor, luz, etc.); Etapa 2-O esboço bi-e-meio-dimensional no qual reconhece-se a orientação, profundidade e distâncias entre os objetos; e, por fim, a Etapa 3 que consiste no esboço tridimensional.

1983; Langacker 1986. Essas noções são invocadas, por exemplo, em frases locativas como as apresentadas a seguir:

(a) *The book is lying **on the table***¹⁷(lugar).

(b) *The arrow flew **through the air past my head***¹⁸(caminho).

Tendo em vista que as sentenças apresentadas podem ser verificadas por meio de *input* visual, e devido ao fato de locações e caminhos possuírem equivalentes geométricos, Jackendoff afirma que as noções de lugar ou caminho exercem um papel importante na representação semântica lexical, isto é, a estrutura conceitual. Os constituintes *lugar* (a) e *caminho* (b) são então compartilhados entre a estrutura conceptual e a representação espacial.

3.1.3.

A teoria da Codificação Dual

A teoria da codificação dual descrita por Paivio (1986) consiste na existência de dois sistemas cognitivos distintos. Nesta proposta, o resultado do processamento visual é uma representação de natureza imagética, distinta da representação proposicional resultante do processamento linguístico. Vale ressaltar que ambos sistemas podem interagir e ser ativados de forma independente. Também possuem capacidade limitada e permitem uma codificação dual da informação na medida em que um conceito quando representado por uma imagem é passível de ser convertido para um rótulo verbal ou vice-versa, já que os sistemas encontram-se interligados.

Segundo Clark & Craig (1992), estudos realizados na década de 60 por Paivio e demais investigadores nos quais os indivíduos eram expostos a palavras, imagens e ao conjunto imagem/palavras demonstraram que quando os sujeitos eram expostos aos últimos, obtiveram melhores resultados em suas avaliações. Tais resultados foram generalizados e a utilização do conjunto texto/imagem passou a

¹⁷ O livro está sob a mesa (tradução minha).

¹⁸ A flecha que voou passou pela minha cabeça (tradução minha).

ser considerada um aspecto facilitador da aprendizagem. Paivio (1991) por meio de estudos realizados constatou que os dois sistemas de representação (verbal e não verbal) quando separados permitiam que as palavras elicitassem imagens e vice versa. Os sistemas verbal e não verbal agem de forma independente, porém conexões referenciais são produzidas entre ambos os sistemas, assim como as conexões associativas entre representações em cada sistema (CLARK & PAIVIO, 1989). As representações mentais são ativadas diretamente por estímulos externos de natureza linguística e visual e de forma indireta por conexões referenciais associativas. Sendo assim, assuntos armazenados nos dois sistemas são lembrados mais facilmente que os assuntos referentes a um único sistema.

A teoria da codificação dual, doravante TCD, apresenta pontos de vista de caráter estrutural e funcional. No que tange ao ponto de vista estrutural, este reflete-se nas suposições sobre a natureza multimodal das representações de duplo código e suas complexas interconexões. Já o ponto de vista funcional caracteriza-se pelos múltiplos papéis adaptativos que são atribuídos aos sistemas de codificação dual (PAIVIO, 2007). A função comunicativa da linguagem sempre permeou os pressupostos desta teoria, uma vez que a linguagem humana é definida como “*um sistema de comunicação biológico especializado para transmissão de informação significativa entre pessoas por meio de signos linguísticos*” (PAIVIO & BEGG, 1981, p.14).

Segundo Paivio (2007), a TCD consiste na ideia de que o pensamento envolve a atividade de dois subsistemas cognitivos distintos: um sistema verbal especializado em lidar diretamente com a linguagem e um sistema não-verbal especializado em objetos não linguísticos e eventos (PAIVIO, 2007, p.13). A TCD é considerada uma teoria multimodal porque ambos sistemas parecem ser compostos de unidades representacionais de modalidade específica e estruturas que são isomórficas internas de características perceptuais e comportamentais de “*palavra e coisas*” ao invés de simples abstrações. Tais representações são conectadas à entrada sensorial e aos sistemas de saída de resposta assim como entre as mesmas.

Paivio (2007) adota os termos *logogen* e *imagens* para distinção das unidades representacionais verbal e não-verbal “dormentes” de suas imagens

verbais/não-verbais conscientemente vivenciadas e suas expressões comportamentais.

Segundo Paivio, o conceito de *logogen* foi introduzido primeiramente por John Morion em 1969. O autor utilizou o termo em sua teoria como uma alternativa sucinta para a representação verbal. *Logogens* podem apresentar diferentes modalidades na teoria (visual, auditiva, motora). São ativados e usados em todos os fenômenos da linguagem, incluindo o reconhecimento, a memória, a produção e aspectos verbais do pensamento em geral. Os *logogens* refletem a organização interna e o tamanho variável das unidades da linguagem quando percebidas e produzidas. Estes são estruturas hierárquicas sequenciais nas quais unidades maiores são compostas de diferentes combinações de unidades menores. Vale ressaltar que os *logogens* não possuem significado a menos que estejam conectados com outras representações verbais e não-verbais. O significado é contextual. Os *logogens* são significativos na medida em que possuem certo grau de reconhecimento e disponibilidade para uso em contextos apropriados. Tais contextos são ativados mentalmente por meio de diferentes tipos de ligações que são descritas segundo análise do conceito de *imagen*.

O termo *imagen* foi utilizado pela primeira vez em Paivio (1978) a fim de fazer referencia às unidades representacionais que dão origem a imagens mentais conscientes (reportáveis) quando ativadas. *Imagens* também são usados em reconhecimento perceptual, memória, desenho e outros tipos de processamento cognitivo de objetos não-verbais e apresentam modalidades distintas. O caráter hierárquico de tais estruturas na TCD acomoda diferentes níveis e conjunto de objetos e cenas. Funcionalmente, *imagens* visuais e táteis são organizados de forma hierárquica síncrona. Entende-se por organização síncrona que todas as partes estão disponíveis simultaneamente para processamento, embora não acessíveis de uma vez só. Pode-se focar nas partes das imagens mentais, como na percepção, explorando o padrão disponível, que não é considerado um processo sequencialmente limitado e por isso, é possível acessar em qualquer ordem. Ao contrário, as unidades linguísticas são organizadas de forma sequencial ou linear para unidades maiores (de sílabas para palavras, por exemplo) e seu processamento verbal é limitado por esta estrutura na compreensão auditiva, na leitura e na fala.

Imagens possuem propriedades análogas enquanto as representações linguísticas não. Os *imagens* carregam uma relação não arbitrária com objetos perceptuais e cenas, enquanto a arbitrariedade está presente nas unidades linguísticas.

A relevância dessas colocações para a presente pesquisa é a possibilidade de se pensar no tipo de representação de ordem mais abstrata, que permitiria a integração entre o resultado do processamento nos módulos linguístico e visual. Na proposta de Jackendoff, o léxico teria um papel fundamental nessa integração, pois, segundo o autor, a entrada lexical de determinadas palavras, como, por exemplo, as que expressam objetos físicos, além de uma representação de ordem espacial, conteria sua estrutura fonológica, sintática e conceitual. Não fica explícito no texto como se daria uma integração entre informação linguística e visual no âmbito de uma sentença como um todo. Jackendoff, em sua exemplificação, detém-se na análise de constituintes sintáticos depreendidos de sentenças.

No desenvolvimento do presente trabalho, este será um ponto explorado. Para isso, será avaliada uma explicação alternativa para a interface linguagem/visão, em que não se faz necessário postular módulos híbridos, na linha de Jackendoff. Segundo essa explicação alternativa, representações de ordem proposicional seriam geradas tanto a partir do processamento de uma sentença como a partir do processamento de uma imagem (seguindo-se, no caso das imagens, a proposta de Pylyshyn (1978; 1981; 1984; 2003) sobre percepção e representação de estímulos visuais).

3.1.4.

A proposta de Pylyshyn: o modelo de representação proposicional

A experiência que nós temos quando imaginamos alguma coisa (tal como quando temos uma imagem mental) é muito parecida como aquela de ver alguma coisa. E esse aspecto da experiência que a torna um problema como fonte de evidência sobre a natureza de nossa representação mental. Isso porque a

experiência que temos é a de ver um mundo percebido e não a dos nossos estados mentais (PYLYSHYN, 2007, P.120).

Duas teorias buscam descrever como as imagens mentais são representadas- a teoria das representações pictóricas (*depictive*) a qual postula que as imagens mentais são semelhantes à imagem real do objeto analisado, isto é, mesmo tamanho, formato, orientação, e a teoria da representação proposicional defendida dentre outros estudiosos, por Pylyshyn, que compreende as imagens mentais como representações proposicionais- aquelas que representam os objetos reais por meio de símbolos. Não sendo portanto, parecidas com o objeto real. Pylyshyn afirma que o formato das imagens mentais consiste num tipo de representação semelhante a uma linguagem simbólico- estrutural (FODOR, 1975), denominada “linguagem do pensamento” ou mentalês”.

Na figura 2, temos um exemplo que ilustra a teoria das representações pictóricas uma vez que a imagem mental produzida pelo gato é semelhante à imagem real do objeto analisado pelo mesmo (o canto da parede), como se fosse uma fotografia. Pylyshyn é contrário à ideia de que as representações mentais são analógicas, uma vez que a correspondência entre as operações no mundo e mentais é considerada parcial, ou seja, somente determinados aspectos de algumas operações físicas possuem correspondências.

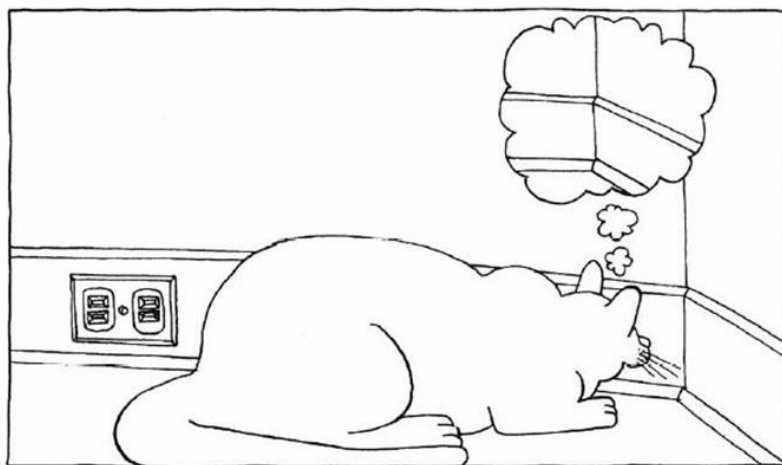


Figura 2: Concepção de representação mental pictórica – Pylyshyn, 2003

Ao contrário da figura anterior, na figura 3, apresenta-se um exemplo da representação proposicional postulada por Pylyshyn, a qual apresenta uma representação do mundo real por meio de símbolos/proposições. Uma imagem mental não assemelha-se ao objeto analisado, sendo portanto de natureza mais abstrata. Para o autor, a informação é armazenada em forma de descrição (uma descrição estrutural) a qual pode ser caracterizada por meio de padrões e abstrações variáveis com base em conceitos disponíveis.

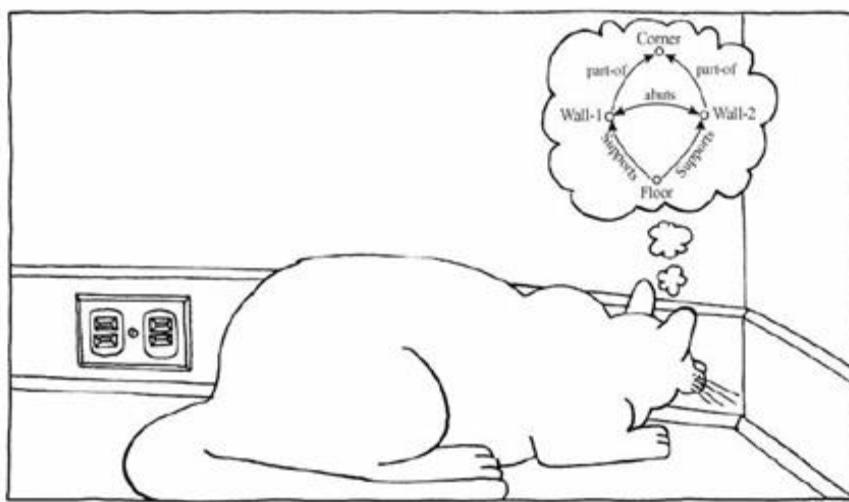


Figura 3: Concepção de representação proposicional- Pylyshyn, 2003

A tese da linguagem do pensamento (PYLYSHYN, 1973; FODOR, 1975) advoga que a representação mental não possui características pictóricas e nem tão pouco linguísticas. Esta representação seria de natureza mais abstrata e não acessível à experiência dos sujeitos.

Segundo Pylyshyn, a visão é um sistema complexo que possui funcionamento independente de influências cognitivas, tais como: expectativas, crenças e desejos (2003, p.50). Para o autor, a percepção visual é cognitivamente impenetrável, ou seja, o sistema visual é capaz de gerar percepções sem o auxílio da memória de longo prazo. Tal tese corrobora a teoria da modularidade da mente proposta por Fodor (1983) na qual a visão pode ser considerada um módulo informacionalmente encapsulado que atua de forma autônoma. A fim de corroborar a ideia de que a percepção funciona independentemente de algum aspecto cognitivo, o autor cita o exemplo das ilusões perceptivas. Para Pylyshyn, não é

possível fazer com que algo apareça para alguém da maneira como alguém sabe que realmente é (2003, p.65).

Cumprе ressaltar que o autor destaca a possibilidade de haver influência da cognição antes e depois do processamento visual, sem anular a ideia da teoria modular da percepção visual. Pylyshyn afirma haver dois estágios: o pré e pós-perceptivos. No pré, a influência ocorre por meio da atenção que é dispensada para diferentes partes de um estímulo (2003, p.73). Sendo assim, o indivíduo poderia sofrer influência de suas crenças, expectativas e desejos na parte do estímulo a ser processado pela visão. No entanto, a influência ocorrerá na seleção do estímulo ao invés de ser no processamento do mesmo. Quanto ao estágio posterior, a influência pode acontecer quando decisões são tomadas referentes à categoria do estímulo, sua função ou relação com experiências perceptivas passadas (2003, p.72). Na teoria proposta pelo autor, a atenção não pode influenciar o processamento visual, mas pode exercer eventual controle sobre o que está para ser processado (2003, p.159).

Pylyshyn (1973, 1981) defende o modelo de representação proposicional no qual predomina a representação amodal na qual há uma arbitrariedade entre a relação do significante com o significado. As imagens mentais que são formadas através do *input* visual são consideradas proposições. Diferente do que é postulado por Paivio (2007) que afirma que as representações mentais ocorrem em forma de palavras ou imagens. Ao adotar a tese de que as imagens são pictóricas, assume-se que há uma relação representacional entre imagens mentais e o mundo externo. Ao propor uma abordagem alternativa acerca da natureza das imagens mentais, Pylyshyn considera as imagens um tipo de descrição proposicional da cena ao invés de representações de ordem pictórica de uma cena visual.

Segundo o modelo proposicional, as representações seriam de natureza perceptual.

Uma representação proposicional é abstrata, ou seja, ela pode se referir a entidades não figurativas, como no caso de sentimentos. Ela também pode se referir à classe de objetos, não apenas objetos individuais. E, por último, uma representação proposicional não está ligada diretamente a nenhuma modalidade específica (SANTOS, 2011, p.39).

Para Pylyshyn (1973), as imagens mentais eram um conceito paradoxal uma vez que não havia como provar que estas eram realmente semelhantes às figuras. De acordo com o autor, as representações figurativas (*depictive representations*) não ocorriam no cérebro ao se experienciar uma imagem mental (*mental imagery*). Ao contrário desse tipo de representação, as representações proposicionais poderiam ser utilizadas em todas as formas de cognição. As características inerentes às imagens mentais poderiam ser denominadas epifenomenais, isto é, tais características não eram diretamente relacionadas com a representação que encontrava-se em processo.

Outro conceito importante estabelecido por Pylyshyn é o que se refere à hipótese nula. Para o autor, os processos que ocorrem além das imagens podem não ser diferentes de outros processos mentais existentes. Vale ressaltar que a definição de representações mentais segundo Pylyshyn é semelhante à linguagem do pensamento ou mentalês proposta por Fodor (1975).

Neste artigo, defendo uma concepção provisória, que chamo de hipótese nula, segundo a qual, no nível relevante de análise- o nível apropriado para explicar os resultados de muitos experimentos sobre imagens mentais- o processo de raciocínio imagetivo envolve os mesmos mecanismos e as mesmas formas de representação que estão envolvidos no raciocínio em geral, mesmo que com diferentes conteúdos ou assuntos. Essa hipótese que o que é especial sobre o pensamento baseado em imagens é que ele refere-se tipicamente a um certo tipo de conteúdo ou assunto, como as propriedades ópticas e geométricas ou o que podemos chamar as propriedades de aparência das coisas sobre as quais estamos pensando (PYLYSHYN, 2002, p.157-8).

No presente trabalho, optou-se por seguir os pressupostos de Pylyshyn devido ao fato de considerarmos as representações mentais como sendo de natureza abstrata/proposicional e não como forma de imagens. Cumpre ressaltar que as proposições expressam relações entre conceitos distintos, enquanto as imagens seriam epifenômenos decorrentes de processos cognitivos secundários. Representações oriundas dos módulos linguístico e visual seriam de natureza proposicional, ao contrário de Paivio que as considera representações de ordem verbal e imagética.

3.1.5.

A interface linguagem/visão: uma proposta alternativa

Diante do arcabouço teórico aqui apresentado para a presente investigação, cujo foco é o estudo acerca do processo de integração entre informação linguística e visual em gráficos, assumo os seguintes pressupostos:

- (i) A mente é composta por diferentes módulos de processamento de informação. Sob essa perspectiva, temos os módulos referentes ao processamento linguístico e visual que são encapsulados informacionalmente, mas que interagem em um dado momento;
- (ii) Gráficos são representações cujas propriedades centrais podem ser expressas a partir de uma estrutura proposicional, de natureza abstrata, envolvendo uma relação entre predicador e argumentos.
- (iii) No tocante ao processo de leitura envolvendo gráficos, considero que os módulos linguístico e visual atuam em conjunto para apreensão do significado e que o *output* do processamento em cada um desses módulos é uma representação de natureza proposicional.
- (iv) O processo de integração entre informações linguística e visual se faz a partir da verificação de compatibilidade entre as proposições geradas em cada módulo¹⁹. Nesse processo, busca-se estabelecer uma relação de correspondência entre predicador e argumentos que estruturam as proposições.
- (v) Incompatibilidades entre as proposições podem implicar custos para a integração entre as informações provenientes de cada módulo.

¹⁹ Para uma apresentação inicial dessa ideia, ver Rodrigues & Corrêa, 2013.

4

A teoria de Pinker

Pinker propõe uma teoria acerca da percepção de gráficos por meio da qual afirma que processos psicológicos atuam nos processos de codificação e compreensão dos mesmos, considerando o que um indivíduo sabe ao ler um gráfico e quais as operações cognitivas que são executadas no processo de leitura do mesmo. Esta teoria será usada para gerar previsões sobre o que faz uma pessoa ser mais proficiente ou não na leitura de gráficos, e o que faz um gráfico ser mais adequado (ou não) para transmissão de um determinado tipo de informação ao leitor.

Segundo sua teoria, o processo de compreensão é dividido em estágios distintos. Primeiramente, o processamento da codificação visual proporciona uma descrição estrutural a qual é formada por princípios perceptuais (ver seção 4.1) que irão conduzir tal codificação. A mensagem conceitual ou interpretação dos dados é decorrente da descrição estrutural que ocorre pelo processamento de padrões ou acionamento de esquemas. Acredita-se que os leitores possuem esquemas adequados para grande parte dos gráficos existentes e ativa um processo de emparelhamento com o esquema mais adequado para uma dada situação.

Com base em Bertin (1967), Pinker aponta o que um leitor de gráficos deve fazer: (a) identificar os referentes conceituais ou do mundo real sobre os quais o gráfico está transmitindo informação (identificação externa) via rótulos alfanuméricos, (b) identificar as dimensões relevantes da variação no conteúdo pictorial do gráfico e determinar quais as dimensões visuais correspondem a qual escala ou variável conceptual (identificação interna), e por fim, (c) utilizar níveis particulares de cada dimensão visual a fim de formular conclusões sobre os níveis de cada escala conceitual (percepção de correspondência).

Em suma, o leitor deve primeiramente representar mentalmente os objetos no gráfico. Depois, o leitor deverá lembrar ou deduzir quais os aspectos dos constituintes visuais dos gráficos representam quais escalas matemáticas que o gráfico está tentando comunicar. Essas duas formas de conhecimento estão incorporadas em dois tipos de representação mental- a *descrição visual* que codifica

as marcas representadas em termos de suas dimensões físicas e o *esquema gráfico* que descreve como as dimensões físicas serão mapeadas nas escalas matemáticas apropriadas.

Para fins de ilustração, segue a figura 4. Ao visualizar esse gráfico, o leitor deverá pensar no gráfico de colunas (representar mentalmente o objeto) atentando para a sua altura e posição no *eixo x* (PINKER, 1990, p.76). Em seguida, como já mencionado, o leitor deverá lembrar/deduzir quais os elementos dos gráficos representam quais escalas matemáticas que o mesmo objetiva comunicar.

A figura 4²⁰ consiste na apresentação da porcentagem de turistas que passam o Reveillon no Brasil. O gráfico representa o emparelhamento de valores de uma escala nominal (cidades do Brasil) com os valores da escala de razão (porcentagem de turistas), usando objetos (barras verticais/colunas) cuja posição horizontal (uma dimensão visual) corresponde a um valor da primeira escala e cuja altura (outra dimensão visual) corresponde a um valor da segunda escala.

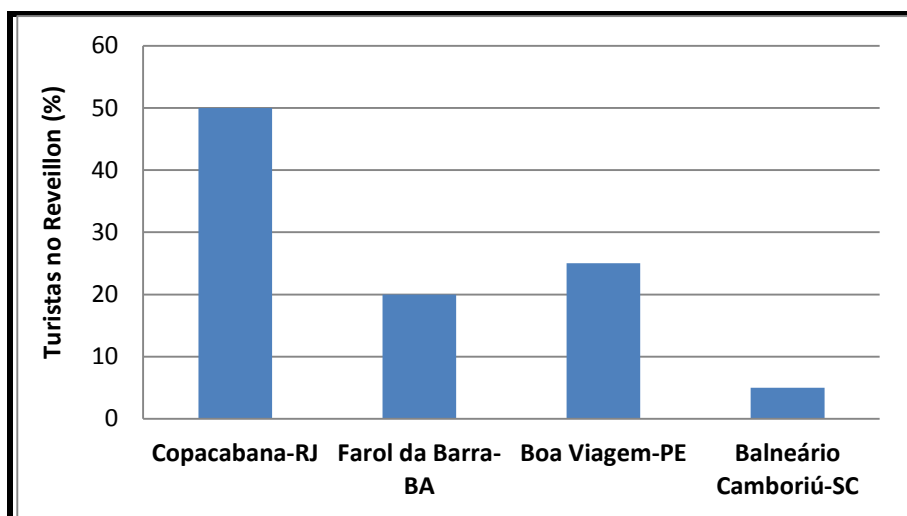


Figura 4: estímulo usado nos experimentos *psyscope* e rastreador ocular-gráfico de colunas

Por meio do uso das estruturas supracitadas (a *descrição visual* e o *esquema gráfico*), é possível obter diferentes tipos de informação provenientes de um determinado gráfico, tais como: a taxa de variação de valores em uma dada escala,

²⁰ Descrição do exemplo citado com base naquele apresentado na figura 18 em Cazorla (2002, p. 79). Segundo a autora, cumpre ressaltar que esta caracterização pode ser aplicada a qualquer tipo de gráfico.

diferenças entre valores de uma escala de duas entidades, o valor exato de uma escala quando comparada a um outro dado, dentre outros.

De acordo com o autor, a informação de um gráfico chega ao sistema nervoso por meio de dois padrões de intensidade na retina, ou seja, por meio do *arranjo visual* e da *descrição visual*. O primeiro refere-se a uma representação visual vaga que descreve uma entrada de formato pictórico, quase não processado por ser a informação ainda rudimentar e por não poder servir de base para a compreensão do gráfico. A *descrição visual* está relacionada à descrição estrutural que representa o gráfico (a representação simbólica ou identificação dos elementos constituintes do gráfico e suas relações). O processo de codificação visual caracteriza-se pois, pelo mecanismo responsável por criar uma descrição visual a partir de um arranjo visual padrão.

A informação disposta no arranjo visual é considerada muito incipiente como base para compreensão do significado de um gráfico. Por isso, precisamos de um formato representacional que possa interagir facilmente com as representações da memória, incorporando conhecimento do que as marcas visuais do gráfico significam. Assim, a representação que faz contato com o conhecimento armazenado dos gráficos deve ser mais abstrato que o arranjo visual.

Uma premissa fundamental na cognição visual é que a saída dos mecanismos de percepção visual é uma representação simbólica ou *descrição estrutural*²¹ de uma cena, especificando a identidade de suas partes e das representações entre elas (cf. WINSTON, 1975; MARR & NISHIHARA, 1978; PALMER, 1975; PYLYSHYN, 1973). Nesta descrição, os variados aspectos de uma cena tais como: tamanho, forma, cor, dentre outros em conjunto com as relações espaciais entre eles serão dispostos em símbolos separados. Como resultado, cada nível mais alto inerente ao processo cognitivo precisará fazer referência somente aos símbolos que forem considerados relevantes.

²¹ Grifo do autor.

O processo de compreensão de gráfico elaborado por Pinker (1990) é exposto na figura 5.²²

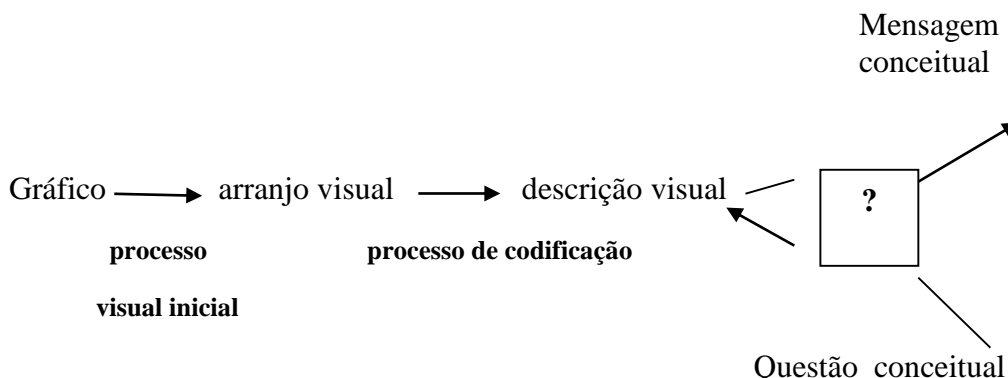


Figura 5: Esquema para compreensão de gráficos proposto por Pinker (1990).

Ao ler um gráfico, o indivíduo primeiramente faz uma leitura rápida caracterizada pelo arranjo visual²³. Em seguida, ocorre a descrição visual que corresponde à descrição de estrutura do gráfico proposto. Tal descrição possibilita ao leitor a extração da mensagem conceitual (informação quantitativa), motivado por questões que o mesmo deseja extrair das representações gráficas (questão conceitual).

No processo de leitura de um gráfico, o leitor faz uso de diversos processos a fim de acessar as estruturas pertinentes aos mesmos. Primeiramente, o processo MATCH, responsável por reconhecer um dado tipo de gráfico, o processo *montagem da mensagem* o qual cria uma mensagem conceitual fora do esquema gráfico ativado²⁴, o *processo de interrogação* que é capaz de recuperar ou codificar uma informação nova com base na questão conceitual e, por fim, o *processo*

²² Pinker utiliza o termo *questão conceitual* com o intuito de descrever o tipo de informação que o leitor deseja obter/extrair do gráfico. O termo *mensagem conceitual* refere-se à informação que o leitor, de fato, obtém/extrai do mesmo.

²³ Ressalta-se que uma representação do arranjo visual é inadequada para as computações envolvidas na extração de informação de um gráfico. Uma vez que qualquer arranjo visual pode ser descrito de infinitas maneiras, uma teoria que permitisse que qualquer descrição visual fosse construída a partir de um arranjo visual seria incapaz de prever o que aconteceria quando um indivíduo fosse ler um dado gráfico. A teoria postulada pois, deve especificar qual descrição visual é provável de ser construída em uma dada situação baseada no conhecimento de como o sistema visual humano funciona.

²⁴ Tradução utilizada por Cazorla para o termo em inglês *instantiated*.

inferencial, o qual aplica regras de inferência lógica e matemática nas entradas de mensagem conceitual.

4.1.

Princípios que restringem a forma da descrição visual

Pinker (1990) destaca quatro princípios fundamentados em pesquisa básica de percepção que restringem a forma da descrição visual em formas que são relevantes para a compreensão gráfica, a saber: (i) a essencialidade do espaço, (ii) as leis de agrupamento da Gestalt, (iii) a representação da magnitude e (iv) o sistema de coordenadas.

No tocante à **essencialidade do espaço**, a localização espacial de um objeto possui *status* perceptual diferente da sua cor, textura, luminosidade ou forma. Essas propriedades limitam quais as partes pertinentes ao arranjo podem ser representadas por meio do uso de variáveis, como as variáveis numéricas podem representar uma física contínua e como os predicados são codificados em relação ao arranjo visual. As propriedades pertinentes a esse princípio são²⁵: (a) quantidade de elementos perceptíveis, (b) configuração, (c) discriminação e linearidade e (d) atenção seletiva.

As **leis de agrupamento da Gestalt**²⁶ são o segundo princípio limitador da descrição visual. Essas leis irão contribuir para determinar como as variáveis serão ligadas por meio da relação das *partes* com o *todo*. São elas: (a) *lei da proximidade*²⁷: elementos estáticos distintos serão vistos como uma única configuração se estiverem próximos um do outro. No contexto de um gráfico, por exemplo, dependendo de como as barras (em um gráfico de barras) estiverem

²⁵ Termos traduzidos por Cazorla (2002) para os conceitos originais (a) perceptual numerosity, (b) configural properties, (c) discriminability and linearity, e (d) selective attention, respectivamente. Para maiores detalhes, ver PINKER, 1990; CAZORLA, 2002.

²⁶ A informação visual é guardada na memória de curto prazo em unidades perceptuais que podem se agrupar formando padrões. Tais agrupamentos foram estudados pela escola alemã de Psicologia denominada Gestalt. Leis que regem os processos de percepção e representação foram formuladas por teóricos dessa escola.

²⁷ Esta lei é importante para o processo de associação de rótulos com escalas, legendas, barras, linhas, dentre outros.

espaçadas, haverá uma maior ou menor probabilidade de serem vistas agrupadas; (b) *da similaridade*: os elementos são similares em termos de uma ou mais dimensões visuais. Objetos que apresentam formas similares, direção, cores tendem a ser agrupados juntos. Essa lei ajuda o indivíduo no processo de emparelhamento de barras, linhas e/ou regiões nas quais mais de uma comparação está sendo realizada. Em gráficos, essa lei favorece a associação de um nível na legenda com um elemento de conteúdo (barras, linha ou setor circular); (c) *da boa forma*: marcas que indicam uma linha contínua tendem a ser agrupadas em conjunto. Por exemplo, em gráficos de barras, quando estas estão dispostas em ordem crescente/decrecente são mais facilmente apreendidas do que aquelas que não estão. Em gráficos de linha, se as mesmas aparecem em paralelo (seguindo a mesma direção), sua compreensão será facilitada, pois as mesmas serão muito provavelmente agrupadas juntas. Essa lei é importante quando da apresentação de dados complexos.

O princípio da **representação de magnitude** está relacionado à representação mental na medida em que é necessário considerar a existência da limitação da capacidade de memória.

A informação na memória de curto prazo é transitória e estima-se que esta é armazenada por segundos, tal como repetindo um número telefônico uma e outra vez em silêncio para si mesmo ou mantendo uma imagem mental. Por outro lado, a capacidade de processamento de informações na memória de curto prazo é limitada, estima-se que somente grupos de quatro itens podem ser mantidos ativos na memória por vez. Essa limitação explica as dificuldades enfrentadas pelos leitores para que a informação se torne relevante quando se exige deles que mantenham em mente muitos detalhes ao mesmo tempo, na memória de curto prazo (CAZORLA, 2002, p.71).

O quarto e último princípio refere-se ao **sistema de coordenadas**. É importante verificar quais sistemas são apropriados para representação de um objeto em um conjunto com várias dimensões. Sendo assim, este princípio trata da maneira utilizada para fins de representação mental de um objeto. Dentre os sistemas de coordenadas mais comumente utilizados estão: (a) o sistema retangular ou cartesiano; (b) o sistema de coordenadas polares e o (c) sistema de coordenadas cilíndricas distribuídas.

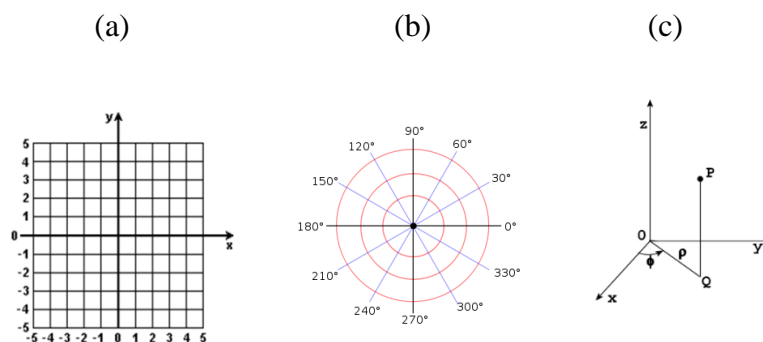


Figura 6: sistemas de coordenadas²⁸

Há também restrições de processamento nas descrições visuais. Dois fatores limitam o tamanho das descrições visuais, a saber:

- a) *Capacidade de processamento na memória de curto prazo*- a maioria dos modelos de processamento cognitivo possuem restrições na capacidade de processamento utilizada para manter a ativação de nós em uma descrição visual de curto prazo. De acordo com a literatura, 4 a 9 nós podem ser mantidos ativados de uma só vez, até menos, caso os recursos de processamento estejam atuando em outra tarefa concomitante. Esta limitação reflete a finitude da memória imediata humana e capacidade de processamento.
- b) *Automatismo e probabilidade da codificação padrão*- qualquer predicado no repertório visual de um indivíduo pode ser adicionado à descrição visual em resposta aos processos de nível mais alto. No entanto, antes destes processos *top-down* virem à tona, um número de predicados serão agregados em uma descrição visual porque são “simplesmente notados”. Diferentes predicados possuem probabilidades de serem codificados em circunstâncias padrão. Alguns predicados possuem uma probabilidade de codificação padrão alta enquanto a probabilidade de codificação padrão de outros é determinada pela familiaridade e importância aprendida. Pinker cita como exemplos de

²⁸ Disponíveis em: (a) http://www.diadematematica.com/vestibular/conteudo/GA_CIRC.htm; (b) http://es.wikipedia.org/wiki/Usuario:Mets501/Coordenadas_polares e (c) http://pt.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_cil%C3%ADndricas

predicados de codificação padrão alta os adjetivos: [*enormous*] e [*dazzling*]²⁹

Shiffrin e Schneider (1977) apud Pinker (1990) propõem que quando o indivíduo frequentemente atribui um padrão a uma categoria única, ele/ela fará esta classificação “automaticamente”, ou seja, sem aplicação de atenção consciente ou capacidade de processamento. Experimentos que aplicaram a proposta dos autores supracitados ao aprendizado de padrões visuais confirmam que o reconhecimento de padrões torna-se rápido, isento de erros e relativamente insensível a outras demandas de atenção na medida em que os padrões tornam-se familiares.

4.2. O esquema gráfico

Esta seção destina-se à descrição do esquema gráfico proposto na teoria elaborada por Pinker (1990). Primeiramente, apresentamos um breve retrospecto sobre o processo de leitura de gráficos. Em seguida, apresenta-se o esquema gráfico, apontando suas principais características e funções.

A primeira leitura que um indivíduo faz de um gráfico qualquer corresponde à percepção dos estímulos visuais. Nesta fase, mecanismos de codificação *bottom-up* (do perceptivo para o cognitivo) atuam para traduzir essa primeira leitura em uma descrição visual. A descrição visual correspondente ao gráfico é um tipo de representação mental formada ao longo do processo de leitura por princípios perceptuais (cf. p. 63). Após a formação da descrição visual, o processo de reconhecimento de um dado gráfico é acionado o que permite ao leitor reconhecer o tipo de gráfico com o qual está trabalhando. O esquema gráfico será decorrente desse processo de reconhecimento. Depois que o tipo de gráfico adequado é ativado, tem-se início ao processo de montagem da mensagem conceitual (a informação disponível no gráfico que ainda será extraída pelo leitor). Esse processo permitirá que as informações desejadas sejam, de fato, extraídas do

²⁹ Enormous- enorme; dazzling- deslumbrante.

gráfico. Se as informações necessárias não estiverem na mensagem conceitual, processos inferenciais irão atuar em conjunto com os mecanismos de codificação *top-down* (do cognitivo para o perceptivo) com o objetivo de extrair a informação necessária.

Como abordado no início desse capítulo, o *esquema gráfico* é um tipo de representação mental responsável por descrever como as dimensões físicas serão mapeadas nas escalas matemáticas apropriadas. Segundo Pinker (1990, p.95), “*um esquema é uma representação mental de conhecimento incorporado em algum domínio, composto de uma descrição que possui parâmetros para uma informação desconhecida*”. Esquemas podem representar um determinado objeto ou uma classe de objetos.

São atribuições do esquema gráfico:

- traduzir a informação encontrada na descrição visual em mensagem conceitual, ou seja aquela informação que está disponível no gráfico e que deverá ser extraída pelo leitor;
- reconhecer qual o tipo de gráfico com o qual está lidando, tendo em vista que a extração/obtenção da informação é dependente do tipo de gráfico existente (gráfico de barras, linha....).

Segundo Pinker (1990), esquemas para determinados tipos de gráficos são construídos a partir de um modelo de esquema gráfico geral. Para o autor, o esquema gráfico é formado via instrução, uma vez que os indivíduos aprendem a ler gráficos ainda na escola. Ao construírem os esquemas, os indivíduos integram seu conhecimento acerca da interpretação de gráficos de uma maneira geral. O esquema gráfico é composto por três tipos de informação chave, a saber:

- *conteúdo pictórico*- são os atributos visuais que simbolizam uma variável conceitual e o conjunto de valores de n atributos visuais codificados para um objeto específico, ou parte do mesmo;
- *sistema de coordenadas*- sistema centrado numa parte da estrutura do gráfico específica;
- *material textual*- este tipo de material especifica os valores dos objetos assim como os referenciais do mundo real dos atributos do sistema de coordenadas e legendas.

5

A constelação gráfico-texto de Acarturk

Este capítulo destina-se à apresentação do conceito de constelação gráfico-texto³⁰ postulado por Acarturk (2009) e sua proposta de uma arquitetura computacional para compreensão de textos e gráficos. Em sua pesquisa, o autor busca expandir os trabalhos realizados por Kosslyn (1989) e Pinker (1990) quando estes apresentaram uma abordagem para compreensão de gráficos considerando uma perspectiva psicológica mais geral. Estudos iniciais acerca dos gráficos foram desenvolvidos sob a perspectiva do processamento da informação, orientada ao processo, e não à estrutura desse tipo de representação, ou seja, o objetivo principal desses estudos era investigar os processos de percepção dos gráficos e não os relacionados aos aspectos estruturais de suas entidades.

Acarturk (2009) possui como principal objetivo expandir a abordagem utilizada pelos autores supracitados, considerando que para a compreensão multimodal de constelações gráfico-texto, há a necessidade de construção de correspondências entre as entidades linguísticas, gráficas e de domínio durante o processo de compreensão.

No trabalho desenvolvido, Acarturk (2009) possui como foco um tipo específico de representação externa- os gráficos de linha³¹. A fim de expandir a abordagem proposta por Kosslyn (1989) e Pinker (1990), primeiramente foi desenvolvido um arcabouço teórico complementar que pudesse ir além da compreensão de gráficos, somente, englobando também entidades linguísticas, levando à compreensão de representações conceptuais integradas de entidades linguísticas e gráficas. Para tanto, a construção de links referenciais entre tais entidades em constelações gráfico-texto tornou-se objeto de investigação sob o arcabouço teórico da modularidade representacional de Jackendoff (1996, 2002).

³⁰ O autor utiliza a expressão “constelação gráfico-texto” por entender que há uma variedade de combinações entre gráficos e textos e porque tais combinações possuem multimodalidade particular. Tais constelações são compostas por representações gráficas acompanhadas pela linguagem.

³¹ Segundo Kosslyn (1989), a compreensão de gráficos estatísticos, mais especificamente, os gráficos de linha, envolvem processos de ordem semântica, sintática e perceptual.

Por meio de experimentos, foi possível investigar diversos aspectos da interação entre a compreensão da linguagem e dos gráficos e a partir dos resultados obtidos, foram concebidos princípios e orientações a fim de obter um *design* apropriado de constelações gráfico-texto e o desenvolvimento de ferramentas que pudessem auxiliar os usuários quando da elaboração do *design* desse tipo de constelação. A teoria de Jackendoff foi utilizada como base para uma compreensão multimodal desses elementos, nas quais gráficos foram concebidos como perceptos visuais com estrutura gramatical.

A teoria da modularidade representacional (cf. capítulo 3) consiste na análise da interação entre a linguagem e os perceptos visuais, em termos de 2 (dois) componentes de interface, denominados **estrutura conceptual (CS)** e **estrutura espacial (SpS)**³² que são essenciais para a interface entre os sistemas linguístico e sensorio. A estrutura conceptual codifica aspectos do entendimento humano tais como estruturas de argumento-predicado e categorização. Já a estrutura espacial, codifica propriedades espaciais tais como o formato do objeto (PINKER & JACKENDOFF, 2005). A sobreposição entre CS e SpS é constituída pelas noções que possuem reflexos em ambos os sistemas, dentre os quais a trajetória/caminho (PATH) e lugar (PLACE) em línguas naturais. Substantivos de forma, verbos espaciais (por exemplo, verbos que codificam mudança no espaço, locuções prepositivas espaciais, e modificadores adverbiais são exemplos de classe de entidades linguísticas que envolvem conceitos espaciais em suas estruturas lexicais³³. Em sua tese, Acarturk (2009) considera os conceitos que possuem reflexos tanto em CS como em SpS a base conceptual comum para representações em diferentes modalidades representacionais como hipótese de trabalho - a correspondência entre entidades textuais e gráficas. Ao considerar esta base comum, Acarturk propôs uma arquitetura cognitiva para compreensão multimodal de constelações gráfico-texto (cf. seção 5.2). Os processos para esta compreensão foram descritos segundo a interação existente entre os principais módulos de

³² CS e SpS (abreviações dos termos originais- conceptual structure e spatial structure).

³³ *In particular, shape nouns, spatial verbs (i.e., verbs of change in space), spatial prepositional phrases, and adverbial modifiers exemplify the class of linguistic entities that involve spatial concepts in their lexical structure* (ACARTURK, 2009, p.269).

compreensão: o módulo de compreensão linguístico e gráfico. As CSs e SpSs integradas foram construídas como resultado desta interação.

5.1.

As entidades cognitivas: representações internas e externas

Para Acarturk (2009), a cognição é constantemente utilizada para realização de tarefas do dia a dia, dentre as quais, destacam-se: o uso da aritmética para resolução de problemas, o uso de mapas para planejamento de rotas de viagem, produção de gráficos informativos para fins de análise dos sistemas social, econômico, físico, e comportamental, dentre outros.

As entidades cognitivas classificam-se em representações internas, mentais ou conceituais (conhecimento, ideias e planos) e as entidades no ambiente, em representações externas³⁴ (linguagem oral ou escrita, mapas, diagramas, gráficos). Reisberg (1987) afirma que, por meio de representações externas, pode-se criar entradas relevantes (*input*) para o processo perceptual que dá o acesso ao conhecimento e às habilidades que não estão disponíveis para os indivíduos. Sendo assim, poderíamos dizer que tais representações aumentam o desempenho cognitivo uma vez que facilita a análise e o desenvolvimento de ideias, além de ser usada como um suporte à memória.

As constelações gráfico-texto, também denominadas multimodais³⁵, agregam diferentes tipos de representação, neste caso, especificamente, a linguagem e as representações gráficas e são um dos meios cognitivos que possibilitam o desenvolvimento de tais atividades.

³⁴ Cumpre ressaltar que dois tipos de representações externas são centrais para pesquisas no campo da ciência cognitiva: representações linguísticas/ orientadas à linguagem que pode conter linguagem artificial/natural ou símbolos numéricos e os denominados pictorial/imagético, tais como: ilustrações, diagramas e mapas. A linguagem, seja esta escrita ou falada, é o tipo mais comum de representação externa nas tarefas de resolução de problemas do dia a dia e na comunicação em geral.

³⁵ Vale ressaltar que o termo multimodal possui variadas definições. No entanto, para este trabalho, assim como o autor em sua tese, o termo está associado à apresentação de informação segundo múltiplas modalidades representacionais.

A compreensão multimodal de documentos textuais gráficos requer a integração de informação de duas modalidades representacionais- a linguagem e os gráficos, ou seja, a interação entre os módulos de compreensão da linguagem e os módulos de compreensão dos gráficos (cf. SCHNOTZ, 2005; HOLSANOVA, 2008).

A fim de descrever o processamento das informações gráficas e linguísticas³⁶, Acartürk baseia-se na teoria computacional da mente (Computational Theory of Mind) (Cf. PUTNAM, 1961; FODOR, 1975). A hipótese central desta teoria reside no fato de que o pensamento pode ser investigado em termos de representações e procedimentos computacionais que ocorrem nos mesmos.

O estudo de representações internas tem sido frequente em pesquisas na ciência e psicologia cognitiva desde a década de sessenta. A teoria computacional da mente, doravante TCM, na qual o autor se baseia, considera a mente humana como um sistema de processamento de informação assim como uma forma de computação (PUTNAM, 1961; FODOR, 1975) cuja hipótese central atesta que o pensamento pode ser investigado segundo representações e procedimentos computacionais. Embora a TCM seja dominante na ciência cognitiva, há discordâncias no que tange à natureza das estruturas cognitivas e aos procedimentos computacionais que operam. Uma visão comum nesta teoria reside no fato de que o raciocínio é um processo que ocorre em representações sentenciais abstratas (também denominadas de simbólicas ou proposicionais), conforme Newell & Simon, 1972, 1976; Fodor, 1975, 1983; Pylyshyn, 1984. Nesta perspectiva, a arquitetura cognitiva humana seria composta de módulos encapsulados informacionalmente que delimitam restrições arquitetônicas na interação entre a linguagem e os sistemas sensorio-motores (visão, audição, etc). As representações nos sistemas sensorio- motores são traduzidos em representações simbólicas com uma sintaxe combinatória e semântica que fornece suporte às funções cognitivas mais avançadas/complexas tais como a linguagem, a memória e o pensamento.

³⁶ Acartürk destaca o fato de que gráficos e linguagem podem ser considerados semelhantes uma vez que os mesmos possuem natureza comunicativa.

5.2.

O modelo de arquitetura cognitiva segundo Acartürk

Acartürk (2009) apresenta um modelo de arquitetura cognitiva para fins de processamento de constelações gráfico-texto que sugere uma caracterização do processamento dos *inputs* visual e linguístico e da interação entre eles.

O módulo gráfico proposto é uma adaptação da arquitetura da compreensão gráfica de Pinker (1990). Este módulo transforma a informação induzida por representações gráficas externas, tais como forma e posição dos segmentos dos gráficos de linha em arranjo visual e depois em descrição visual através do emprego de processos de codificação visual. A descrição visual é então transformada em representações espaciais e conceituais internas por meio de instanciação de esquemas de gráficos. É o esquema gráfico que torna possível o processamento da informação perceptual fornecida pelas linhas no papel ou na tela como entidades pertencentes a um gráfico de linha. Enquanto a codificação visual corresponde aos estágios sintáticos, morfológicos e fonológicos da compreensão da linguagem, a instanciação do esquema gráfico corresponde aos estágios semânticos e pragmáticos.

O esquema apresentado representa o fluxo informacional entre os módulos específicos das modalidades representacionais (linguística e visual) e os processos de integração.

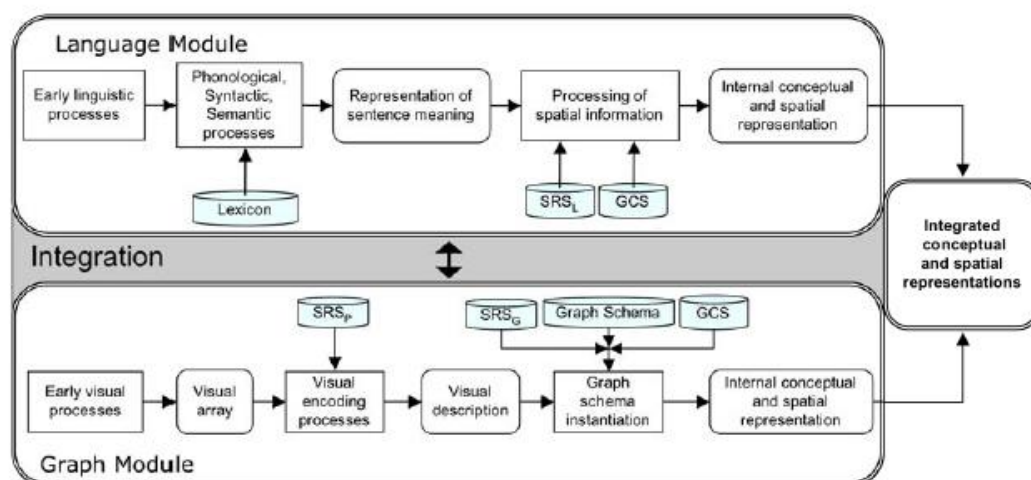


Figura 7: A arquitetura computacional para compreensão multimodal de constelações gráfico-texto (Acartürk, 2009).

Na figura acima, os processadores específicos de cada modalidade são apresentados pelos retângulos. As representações são demonstradas pelos retângulos curvados, e as fontes de conhecimento pelos cilindros. Os processadores são agrupados em módulos, denominados módulo da linguagem e módulo gráfico. As setas são usadas para representar o fluxo de informação. O termo integração é utilizado para o fluxo de informação contribuído pelas duas representações e as representações resultantes são chamadas de representações espaciais e conceituais integradas. Na região entre os módulos, o fluxo de informação é demonstrado por meio de uma seta dupla. Por fim, as representações integradas são também apresentadas por um retângulo curvado.

No modelo de arquitetura cognitiva apresentado, assume-se que a interação ocorre no nível conceptual. No tocante à compreensão de constelações gráfico-texto especificamente, o núcleo comum da integração é baseado no processo de ancoramento das propriedades semânticas das informações induzidas graficamente e linguisticamente. Em suma, a relação entre as entidades linguísticas e gráficas é revelada por conceitos que são acessíveis por ambos por meio do esquema gráfico. Seguindo a hipótese da modularidade representacional (JACKENDOFF, 1996, 2002), a construção das ligações referenciais entre essas entidades é alcançada por esse esquema que apresenta reflexo nas estruturas conceptual e espacial.

Os processos de compreensão/criação de constelações gráfico-texto requerem a construção de ligações referenciais entre as entidades gráficas, linguísticas e de domínio por meio do conhecimento do esquema gráfico. “*O esquema gráfico é introduzido como conceito chave para a base da construção de relações correferenciais entre entidades textuais e gráficas em constelações gráfico-texto*”(ACARTURK, 2009, p.48).

Considerando a figura 8, a entidade linguística **o pico** pode ser interpretada como uma referência ao pico representado no gráfico ou referente ao pico no domínio do discurso. Para fins de ilustração, consideremos o gráfico informativo a seguir e o texto escrito utilizado na constelação gráfico-texto que é composta por um gráfico referente à tendência populacional das aves em questão a qual retrata o número de espécies de pássaros no intervalo de 1972 a 2014.

Bolinas Lagoon Population Trends³⁷

From a peak of about 60 wintering birds in 1976, numbers have declined to about 20 birds currently.

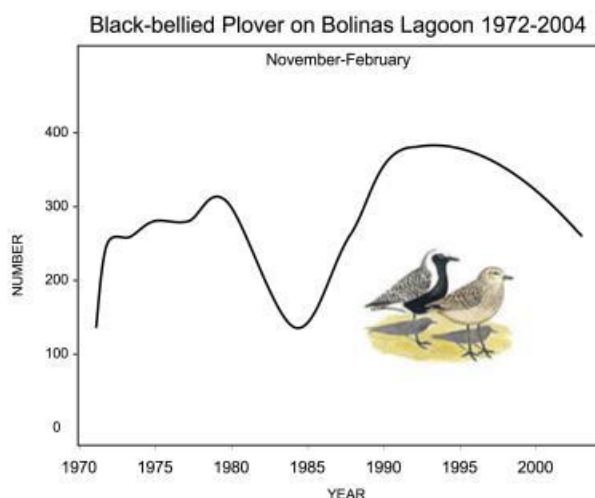


Figura 8: constelação gráfico-texto

A construção de estruturas conceituais pelo módulo da linguagem é exemplificado pela frase: *“From a peak of about 60 wintering birds in 1976, numbers have declined to about 20 birds currently”*.

A informação lexical de “decline” fornece uma representação conceptual contendo um conceito processual (decréscimo de valor).

O foco deste estudo reside em 2 (dois) argumentos deste processo, um argumento temporal, que pode ser preenchido por um intervalo, e o argumento de valor, que pode ser preenchido por uma entidade de estrutura ordenada, que funciona como domínio de valor. Ao usar tais representações abstratas, que generalizam diferentes domínios de valores, é possível apreender as propriedades comuns “declínio de número,” “perda de peso”, e outras.

³⁷ Excerto de um relatório de censo sobre pássaros com início na década de 70. Conforme apresentado no capítulo 4, na teoria gráfica de Pinker, o esquema gráfico é o conhecimento das informações necessárias para interpretação de representações externas específicas e fornece a base para o processo de compreensão de tais itens. Esse esquema transforma descrição visual em representações espaciais e conceituais internas pela contribuição de duas fontes de conhecimento adicionais. São elas: o sistema referencial espacial induzido graficamente e a especificação do conceito geométrico. Um documento com gráfico e texto, sendo este impresso ou eletrônico, é uma representação externa que inclui entidades gráficas e textuais.

O argumento temporal que é necessário para todos os processos e conceitos do evento traduz o intervalo temporal durante o qual todo o processo está ocorrendo. No exemplo citado, o início do intervalo é explicitamente especificado.

A construção de descrições visuais estruturadas contém descrições de partes relevantes do gráfico de linha, suas propriedades geométricas e relações espaciais entre estas partes. Nesta etapa, o sistema de representações espaciais tem um papel importante no inventário descritivo que é acessado pelas rotinas visuais. Ao contrário dos processos de codificação visual mais gerais, o sub-módulo seguinte, a instanciação do esquema gráfico - na terminologia de Pinker (1990), tem a tarefa de interpretar elementos como partes dos gráficos. Como o exemplo da frase aponta, o verbo “decline” fornece conceptualizações de decréscimo, assim como a aplicação de esquema gráfico. O termo linguisticamente mencionado “**peak**” é a fonte de duas ligações referenciais, de um lado para a entidade do domínio- um número aproximado de pássaros, e por outro lado, a uma entidade gráfica.

Pode-se observar através da figura que o módulo da linguagem transforma a informação induzida por representações externas (palavras, frases, sentenças) em representações espaciais e conceptuais internas. Essas representações por meio de entidades linguísticas e gráficas são integradas formando as representações espaciais e conceptuais integradas. A ideia de representações integradas é oriunda da hipótese de que há uma base conceptual comum para a especificação de entidades textuais e gráficas em constelações gráfico-texto.

Na figura 9 também podemos perceber as ligações referenciais entre as entidades linguísticas e gráficas representadas. Para cada argumento expresso na sentença assim como para o predicator, há um elemento relacionado na área do gráfico.

Considere a sentença “*O número de analfabetos do país diminuiu 10% no intervalo de três anos*” expressa por um gráfico de linhas.

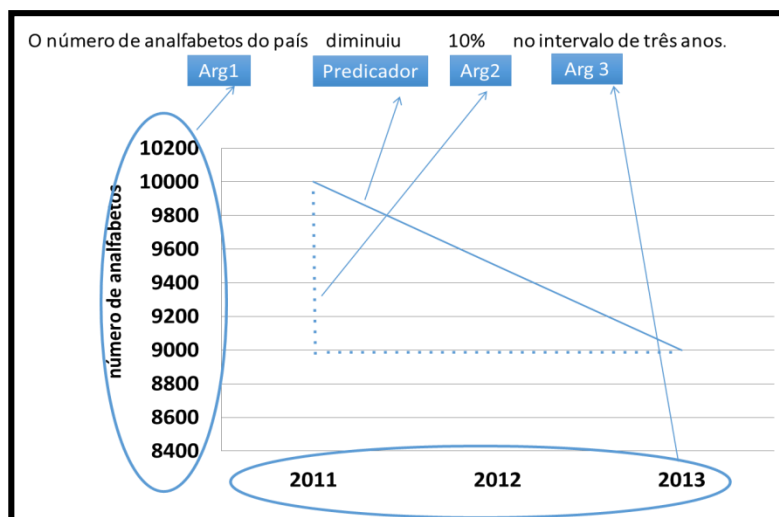


Figura 9: ligações referenciais entre entidades linguísticas e visuais

A informação lexical de “diminuiu” corresponde a uma representação conceptual de decréscimo de valor e constitui o elemento predicador de uma proposição. Esse predicador exige, em princípio, três argumentos: um argumento com papel de tema (o número de analfabetos do país), um argumento que indica o valor (10%) e um argumento temporal (três anos), que corresponde ao intervalo durante o qual o processo está ocorrendo. Essa representação proposicional, de natureza abstrata, também poderia ser depreendida dos elementos que integram os gráficos de linha, por exemplo. Assim como a sentença, os elementos constituintes de um gráfico (eixos x e y e linha), fornecem informação para a construção de uma proposição. No exemplo dado, a ideia de diminuição estaria materializada nesse tipo de gráfico por uma linha descendente, o eixo x codificaria informação de ordem temporal e o eixo y corresponderia ao argumento com papel de tema. Vale ressaltar que o mapeamento sentença-informação gráfica nem sempre é direto. A informação acerca do valor de decréscimo (10%) não aparece de forma explícita no gráfico, implicando um cálculo matemático. No caso, por exemplo, do item lexical “três anos”, essa informação relativa ao tempo precisa ser depreendida a partir da análise dos elementos do eixo x (onde os anos estão indicados), o que implicará possivelmente na ativação de processos cognitivos mais sofisticados, de ordem não linguística.

Uma investigação sistemática da construção de links referenciais durante o curso da compreensão multimodal é importante para estudos acerca da comunicação e resolução de problemas por meio de constelações multimodais.

Segundo Acarturk (2009, 21):

De um ponto de vista linguístico, o processo de *referência* é o núcleo da compreensão. É constituído por uma *expressão referencial* que refere-se a uma entidade no domínio do discurso. Com base na mesma, o leitor tem que estabelecer *correferência*, a espinha dorsal da coerência do texto, empregando representações internas que medeiam entre linguagem e domínio do discurso (grifos do autor).

Pesquisas de cunho interdisciplinar sobre a compreensão de gráficos, a compreensão da linguagem e a compreensão de ilustrações pictóricas ou diagramáticas compartilham a ideia de que a camada que abriga as representações conceptuais comuns é o local onde as ligações correferenciais entre as entidades conceptuais são construídas (BODEMER & FAUST, 2006), e onde a coerência intra e inter-representacional é estabelecida (SEUFERT, 2003).

6

Estudos sobre compreensão/interpretação de gráficos

Nesta seção serão relatados alguns estudos conduzidos no exterior e no Brasil que possuem os gráficos como objeto de investigação. Serão reportados aqueles que abordam tópicos/questões de investigação relevantes para a presente pesquisa.

No âmbito internacional, estudos sobre a compreensão/interpretação de diferentes tipos de gráficos vem sendo desenvolvidos nas áreas da Psicologia Cognitiva e das Ciências da Computação (interação homem-máquina). A técnica de rastreamento ocular tem sido amplamente utilizada para este fim (ver capítulo 8).

Acarturk (2009) desenvolveu vários estudos acerca do uso de gráficos em constelações multimodais³⁸ com a utilização da técnica de rastreamento ocular a fim de prover dados empíricos e modelos científicos para o desenho e desenvolvimento de sistemas de cognição artificiais que podem auxiliar os usuários durante os processos de desenho e produção de constelações gráfico-texto. Em sua tese de doutorado foram conduzidos cinco experimentos distintos. As investigações empíricas desenvolvidas em seu trabalho, de uma maneira geral, tratam da interação entre usuários (os participantes), as apresentações (os estímulos) e os métodos (métodos de interação e análise). Tal interação foi investigada por meio da análise do movimento ocular dos participantes durante o processo de leitura de constelações gráfico-texto e de um conjunto de métodos complementares, tais como: análise das recordações dos usuários e relatórios de julgamento subjetivos. Cada experimento evidenciou como os leitores integram as informações oriundas de distintas representações a fim de atingir uma interpretação coerente e como alterações em uma das modalidades podem influenciar a compreensão de outra. Entre os experimentos conduzidos por Acarturk, para fins de ilustração da técnica utilizada, reportaremos o primeiro estudo cujo objetivo principal foi investigar a integração de informação introduzida por entidades linguísticas e gráficas em constelações gráfico-texto sob diferentes condições experimentais para as sentenças alvo e gráficos presentes nessas constelações. Os estímulos dos experimentos foram

³⁸Para constelações multimodais, ver capítulo 5.

compostos por gráficos acompanhados de texto. Cumpre registrar que as variáveis manipuladas foram: propriedades visuais dos gráficos de linha e número de frases-alvo no texto. Cada texto apresentava frases do tipo: (a) *frases pré-alvo*- frases não relevantes para a informação fornecida pelo gráfico; (b) *frases alvo*- após as frases pré-alvo, cada texto incluía de 1 a 4 frases alvo, dependendo da condição experimental e (c) *frases pós-alvo*- em cada texto, muitas frases pós –alvo seguiam as frases alvo. Essas não eram relevantes para a compreensão do gráfico. Foram estabelecidas 4 condições para as frases alvo (TC1, TC2, TC3 e TC4)³⁹: **(TC1)** uma frase alvo incluída no texto, **(TC2)** a frase utilizada na TC1 acrescida de uma segunda frase alvo, **(TC3)** uma terceira frase alvo acrescida às anteriores e, por fim, **(TC4)** utilização de quatro frases alvo. Para o experimento 1, as condições referentes aos gráficos (GC1, GC2 e GC3)⁴⁰ foram as seguintes: (a) **GC1**- gráficos contendo linha curva que representava aumento/diminuição; (b) **GC2**- gráficos contendo uma curva flutuante com 1 ou 2 picos; (c) **GC3**- constelações de curvas que representavam aumento/diminuição. 36 participantes, com média de idade de, aproximadamente, 23.3 anos fizeram o experimento em sessões individuais. Eles foram instruídos acerca da tarefa a ser realizada. Também foram informados acerca do material a ser utilizado. Foi solicitado que os mesmos interpretassem os gráficos apresentados na sessão introdutória e falassem sobre eventuais dificuldades quando da interpretação dos estímulos. Após a apresentação de cada gráfico, havia uma pergunta múltipla escolha a ser respondida. Não houve limitação acerca do tempo para desenvolver a atividade. A sessão inteira durou cerca de 20-25 minutos. No tocante ao letramento estatístico, todos os participantes se consideravam aptos para leitura de gráficos na sessão introdutória do experimento. Os resultados mais relevantes a serem reportados são referentes à alternância das fixações. Os dados sugerem que, na medida em que o número de frases alvo aumenta, há uma maior alternância de fixações entre as áreas do texto e do gráfico, o que corrobora a

³⁹ Denominação das condições referentes às frases utilizadas no texto. Exemplo das frases utilizadas: TC1- O número de pássaros diminuiu após 1975; TC2- O número de pássaros diminuiu após 1975. O número de pássaros continuou estável (por volta de 100) após 1985; TC3- O número de pássaros diminuiu após 1975. O número de pássaros continuou estável (por volta de 100) após 1985. Aproximadamente 400 pássaros foram encontrados em 1975; TC4- O número de pássaros diminuiu após 1975. O número de pássaros continuou estável (por volta de 100) após 1985. Aproximadamente 400 pássaros foram encontrados em 1975. A partir de 2005, havia cerca de 100 pássaros na lagoa (tradução minha).

⁴⁰ Denominação das condições referentes aos gráficos utilizados nos experimentos.

hipótese de que alterações no nível sintático das sentenças podem ser um fator responsável por influenciar a compreensão de entidades gráficas.

O objetivo principal do estudo realizado por Ratwani, Trafton & Boehm-Davis (2004) foi investigar como os leitores de gráficos extraem informações específicas, integradas e fazem inferências a partir de gráficos *cloropeth*⁴¹. Os autores propõem uma estrutura hierárquica segundo a qual os processos cognitivos necessários para extração de uma dada informação tende a aumentar de acordo com o grau de complexidade apresentado no gráfico, a saber: *Read-off* caracteriza-se por ser o tipo de extração de informação mais básica. Integração de informações mais complexas exigirá *read-off* em conjunto com transformações espaciais⁴². Para as inferências, serão necessários os processos usados para integração aliados aos modelos mentais e extrapolação padrão⁴³.

Cumpramos ressaltar que a habilidade de interpretação de gráficos é tão importante que o Conselho Nacional de Professores de Matemática dos EUA criou orientações para assegurar que os alunos tenham acesso a esse tipo de aprendizado no âmbito escolar. As orientações elaboradas estão pautadas nos três tipos de extração de informação mencionados acima, a saber: (i) *read-off* - tipo de leitura que requer do leitor extrair um ou dois dados representados em um gráfico; (ii) *integração*- consiste na comparação de variados pontos em um gráfico, como por exemplo, analisar a tendência de um determinado gráfico e por fim, (iii) *inferência*- considerada a informação mais difícil de ser obtida tendo em vista que o leitor precisa ir além do que está representado graficamente a fim de fazer previsões com base nos dados analisados.

Uma questão relevante acerca da extração das informações mencionadas refere-se aos processos cognitivos envolvidos nesta tarefa, especificamente. De

⁴¹ São gráficos que utilizam diferentes cores, tons de cinza, ou padrões para representar diferentes quantidades. Tais gráficos foram escolhidos pelas seguintes razões: (a) são mais complexos que os gráficos usados em estudos mais tradicionais de compreensão; (b) refletem melhor como os gráficos são utilizados no mundo real; (c) não requerem um grande conhecimento especializado; (d) podem ser apresentados aos graduandos sem muito treinamento; (e) representam uma classe de gráficos que são comumente utilizados por cientistas em áreas como a meteorologia, geologia e oceanografia.

⁴² São qualquer manipulação de dados em um determinado gráfico, por exemplo, mover mentalmente uma linha próxima à outra para fins de comparação. Essas transformações auxiliam o leitor na combinação de diferentes áreas dos gráficos, principalmente no que tange aos processos comparativos e apresentação de tendências.

⁴³ Processo por meio do qual os leitores analisam pontos de dados conhecidos, e baseados nos padrões desses dados fazem a inferência.

acordo com os autores, as teorias clássicas de compreensão de gráficos sugerem que o caminho para extração de informações seria, primeiramente, o indivíduo ler uma dada pergunta para determinar qual a informação que está sendo requerida (partes da pergunta podem ser lidas inúmeras vezes). A seguir, o leitor procura determinada informação no gráfico se deslocando dos eixos para a parte principal do gráfico e vice-versa. Uma vez encontrada a informação, múltiplos movimentos rápidos dos olhos (sacadas) ocorrem entre a parte principal do gráfico e a legenda a fim de manter a informação na memória. Por fim, a pergunta em questão é respondida⁴⁴.

Os autores chamam a atenção para o fato de que as teorias clássicas têm focado primeiramente na extração de informação específica de tipos de gráficos simples, geralmente aqueles que apresentam poucos dados. Diante do exposto, surge a seguinte indagação: *estas teorias são capazes de dar conta de como os leitores realizam extrações mais complexas como por exemplo, extrações que envolvem integração de informações e inferências?* Nesse ponto do texto, os pesquisadores citam o estudo de Trickett, Ratwani & Trafton (no prelo), cujos resultados sugerem que as teorias clássicas poderiam explicar a extração de informações básicas (*read-off*) em gráficos simples e complexos, mas que não daria conta de forma satisfatória dos processos que envolvem integração de informações bem como de processos de natureza inferencial.

De modo a avaliar se a abordagem hierárquica por eles proposta permite explicar adequadamente a compreensão de gráficos, em especial os processos de integração e os processos inferenciais, os autores reveem dados empíricos obtidos, em seu laboratório, em pesquisa com gráficos *choropleth* envolvendo a técnica de rastreamento ocular. Reportam inicialmente resultados obtidos em experimento no qual os participantes deveriam analisar gráficos *choropleth* de modo a responder a perguntas que exigiam os dois primeiros tipos de extração de informação – *read-off* e integração – e, em seguida, apresentam resultados relativos aos processos inferenciais.

⁴⁴ Para referências de trabalhos sobre compreensão de gráficos segundo a teoria clássica, consultar o artigo de Ratwani, Trafton & Boehm-Davis (2004).

Para fins de investigação acerca dos tipos de extração *read-off* e integração, gráficos *choropleth* representando a população de 50 países fictícios foram apresentados aos leitores. Foram elaboradas questões simples e de integração para cada gráfico. Foram utilizadas perguntas com o intuito de identificar a população atual de um condado (Palos Verdes County) e identificar a tendência geral de um gráfico. Abaixo, a título de clarificação, reproduzimos figuras relativas aos padrões oculares observados enquanto os participantes eram solicitados a responder perguntas que exigiam extração de informações básicas e integração de informações. A figura à esquerda reproduz os dados oculares relativos à pergunta de integração e a figura da direita, os dados relativos à pergunta de integração.

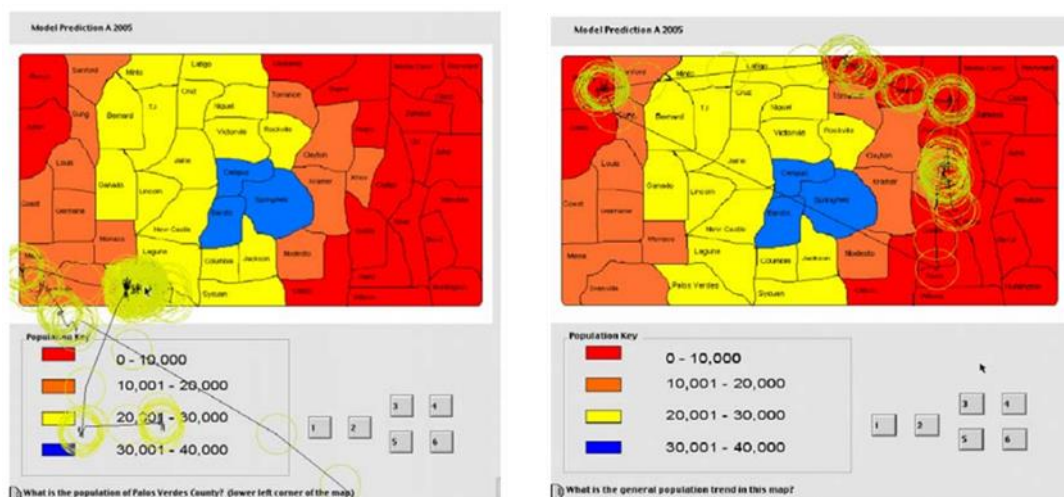


Figura 10: Padrões oculares observados nos experimentos de Ratwani, Trafton & Boehm- Davis (2004)

Dados foram coletados por meio de um *eyetracker* e foram codificados de duas maneiras. Primeiramente, as fixações foram codificadas como *fixação de leitura* e *fixação de não leitura*. Fixações que eram diretamente direcionadas aos nomes dos municípios foram denominadas *fixações de leitura*, enquanto fixações destinadas a outras partes dos gráficos foram codificadas como sendo *fixações de não leitura*. Depois, foram codificadas as fixações na área do gráfico. Uma *fixação no limite* dos municípios foi definida como uma fixação ocorrida diretamente na direção do limite entre dois municípios coloridos diferentes. Uma *fixação interna* foi definida como uma fixação direcionada a uma cor sólida, completamente dentro de um único município ou de múltiplos municípios da mesma cor.

No caso das perguntas que envolviam extração de informação do tipo *read-off*, esperava-se que os processos cognitivos seguissem as teorias clássicas de compreensão, que, como mencionado, conseguem dar conta adequadamente desse tipo de extração. O leitor deveria primeiramente ler a questão, depois procurar pelo município alvo ao ler os nomes, e finalmente, extrair o valor da população ao ler a legenda. Baseado nos dados coletados pelo *eyetracker*, foi possível perceber que os leitores adotaram tais procedimentos na sua leitura. Os leitores obtiveram mais fixações direcionadas para os nomes dos municípios do que para outras partes do gráfico.

Outra questão a ser respondida pelos experimentos foi: *os leitores utilizam extrações simples e transformações espaciais quando integram informação como a proposta da estrutura hierárquica sugere?* Segundo os autores, uma evidência ocular de processos de integração seria a formação de agrupamentos (*clusters*) indicada por maior número de fixações nas bordas dos municípios de mesma cor (ver figura 10, reproduzida de RATWANI, TRAFTON & BOEHM-DAVIS, 2004).

Conforme previsto pela abordagem hierárquica, os dados apontaram para um maior número de fixações no limite/bordas dos municípios quando comparado com as fixações internas. As primeiras mostraram-se presentes na formação dos agrupamentos, um tipo de transformação espacial que permite a avaliação de tendências.

Em síntese, verificou-se, portanto, que quando os leitores estão respondendo perguntas cujo foco é a extração de informações simples, os processos cognitivos seguem as teorias clássicas de compreensão de gráficos. Quando respondem às perguntas de integração, os dados vão ao encontro do postulado pela estrutura hierárquica da compreensão gráfica.

Para análise de como os leitores fazem as inferências, foi apresentada aos leitores uma série de gráficos *choropleths* representando a população ao longo de um período de 10 anos. Os gráficos eram referentes aos anos de 1990, 1995 e 2000, e similares àqueles utilizados em experimentos prévios. Os sujeitos teriam que inferir a população de um determinado município (chamado município alvo) no ano de 2005. A população de um município escolhido alvo específico não mudava no gráfico. No entanto, nos municípios vizinhos, havia alteração. Os municípios no

entorno do município alvo tiveram sua população alterada de tal forma que houve uma indicação contextual de que a população do município alvo iria aumentar/diminuir no futuro.

A fim de fazer uma inferência baseada nos gráficos, o indivíduo teria que analisar a influência dos municípios vizinhos no município alvo em cada um dos gráficos e depois através de todos os três gráficos. A estrutura hierárquica sugere que os leitores teriam que usar extrações simples, transformações espaciais, extrapolação padrão e modelos mentais para que pudessem produzir as inferências. Em relação aos modelos mentais, os autores esclarecem que estes são altamente dependentes do que chamam de conhecimento de domínio. No caso, como o experimento foi realizado por alunos de graduação, conhecimento de domínio não seria um fator que comprometeria a compreensão dos gráficos.

Os participantes responderam que a população do município alvo mudaria na direção dos municípios vizinhos, ou que a população do município alvo não mudaria. Nenhum participante respondeu que o município alvo mudaria na direção oposta a dos municípios vizinhos. Cada participante foi consistente em suas respostas, ou seja, disseram que a população mudaria (ou não).

Em termos da relação entre tipo de resposta e movimentos oculares, foi verificado que os leitores que disseram que a população do município alvo não mudaria parecem somente prestar atenção no município alvo em cada um dos três gráficos (correspondentes aos anos de 1990, 1995 e 2000). Estes leitores não analisaram os municípios vizinhos para produzir as inferências; não consideraram a influencia contextual dos municípios vizinhos.

Os leitores que disseram que o município alvo teria mudanças em sua população utilizaram extrações, transformações espaciais e extrapolação padrão. Leitores que utilizaram tais estratégias pareceram integrar informações de duas formas:

- a) Os leitores integraram informação dentro do gráfico analisando o município alvo e seus vizinhos;

- b) Os leitores integraram informação através dos gráficos, comparando áreas particulares que mudaram em população para verificar como a população aumentou/diminuiu.

Leitores que inferiram a mudança integraram informação através dos gráficos analisando os municípios que mudaram em termos populacionais em relação aos gráficos anteriores por eles analisados. Estas mudanças na fixação do olhar sugerem que os participantes estavam comparando o mesmo município entre os gráficos para verificar como determinada população estava mudando em um dado município. Os leitores que disseram que a população do município alvo mudaria, iam e voltavam nos gráficos mais frequentemente do que aqueles que disseram não à mudança. Sendo assim, a informação é integrada através dos gráficos, comparando alguns municípios em cada gráfico para entender como a população estava mudando.

A abordagem hierárquica para compreensão de gráficos sugere que os processos cognitivos requeridos para extrair informação dependem da complexidade da informação que está sendo extraída do gráfico. As teorias clássicas da compreensão gráfica adequadamente dão conta de extrações simples. No entanto, tais teorias não são adequadas para explicar como os leitores integram informação ou fazem inferências.

A integração de informação e a produção de inferências são os tipos mais difíceis de extração de informação. Como já foi dito, esta estrutura sugere que a integração de informação requer transformações espaciais e extrações. A fim de integrar informação em um gráfico *choropleth*, os leitores explicitamente formaram agrupamentos e depois utilizaram estes agrupamentos para avaliar a tendência geral. Esta transformação espacial dos dados permitiu que os leitores racionalizassem mais facilmente com os dados dispostos no gráfico.

Embora tenha sido mostrado que a estrutura hierárquica dá conta dos processos usados para fazer as extrações, integração de informação e inferências a partir de gráficos *choropleths*, outros tipos de gráficos precisam ainda ser analisados. Os autores acreditam que a estrutura esboça os processos gerais que serão usados para extrair estes diferentes tipos de informação. No entanto, os processos específicos, por exemplo, os tipos característicos de transposição espacial

realizada são prováveis de mudar dependendo do tipo de gráfico que está sendo analisado. Consequentemente, outros tipos de gráfico, tais como: gráficos de linha e colunas precisam ser analisados a fim de verificar como a estrutura hierárquica dá conta da extração dos diferentes tipos de informação nestes gráficos, especificamente.

No Brasil, estudos com gráficos são mais recorrentes na área de Educação Matemática e Estatística. Cazorla (2002) em seu estudo investigou quais os fatores que poderiam interferir quando da leitura de gráficos estatísticos à luz da teoria da compreensão gráfica de Pinker e da teoria de habilidades matemáticas de Krutetskii. Participaram de sua pesquisa 814 estudantes universitários que cursavam disciplinas de Estatística. Para fins de pesquisa, foram utilizados seis instrumentos, a saber: um questionário, duas escalas de atitudes (Matemática e Estatística), uma prova matemática, uma prova estatística⁴⁵ e uma de aptidão verbal. Verificou-se que o sucesso na leitura de gráficos depende principalmente do domínio que o indivíduo possui acerca do conceito estatístico, do background gráfico, da habilidade viso-pictórica e do gênero multimodal em questão. A instrução quando da realização da tarefa mostrou-se também relevante no estudo realizado no que tange ao desenvolvimento do conceito de média e da leitura de gráficos.

Monteiro (2005) buscou explorar em sua pesquisa elementos e processos envolvidos na interpretação de gráficos da mídia. Seu estudo compreende uma vasta revisão da literatura a qual revelou uma falta de evidência qualitativa relacionada às relações complexas entre os elementos e processos que compõem a interpretação de gráficos da mídia e uma coleção de dados empíricos. Este estudo explora a interpretação de gráficos da mídia por professores do ensino fundamental que estariam envolvidos com a tarefa de ensino de gráficos, por meio da utilização de dois conjuntos de dados complementares: questionários e entrevistas. 218 estudantes de graduação e professores PGCE⁴⁶ da Grã-Bretanha e do Brasil responderam a um questionário com itens relacionados a informações pessoais, leitura prévia e tarefas relacionadas a gráficos da mídia. 13 voluntários concederam

⁴⁵ Prova composta por dez questões, dividida em duas partes. A primeira parte envolvia questões referentes ao conceito de média e, a segunda, à leitura de gráficos.

⁴⁶ Postgraduate Certificate in Education- curso oferecido a portadores de diploma universitário que gostariam de ingressar na carreira do magistério.

entrevistas que exploravam três tipos de pergunta, a saber: (a) leitura de dados, (b) leitura entre os dados e (c) leitura além dos dados. A análise dos dados dos questionários foi baseada em um *software*⁴⁷, e uma microanálise foi desenvolvida a partir dos dados das entrevistas. A análise dos dados apontou evidências para a discussão sobre a noção de senso crítico em gráficos⁴⁸. Concluiu-se que o senso crítico na interpretação de gráficos da mídia está relacionado à mobilização e equilíbrio de vários aspectos, tais como: o conhecimento matemático, referência contextual, exemplificação pessoal e exposição afetiva. A discussão dos resultados visa contribuir para uma reflexão acerca do processo de ensino e aprendizagem de gráficos de modo que venha a dar suporte para o desenvolvimento do senso crítico entre esses alunos/profissionais.

Ainda no contexto brasileiro, embora em menor número, podemos perceber que o objeto de estudo gráfico tem chamado atenção de pesquisadores de outras áreas que não só as relacionadas à área de ciências exatas. Em estudos linguísticos, por exemplo, podemos verificar a realização de estudos que visam investigar os gráficos sob diferentes aspectos relacionando às questões de linguagem, letramento, dentre outros. Duarte (2008), com base em referências na psicologia direcionada à educação matemática, examinou o desempenho de alunos provenientes do ensino médio quanto às habilidades envolvidas no processo de leitura de gráficos com o intuito de averiguar também se as diferentes formas de apresentação dos mesmos (de forma isolada ou em conjunto com outro texto) causam implicações na produção de inferências. Para Duarte, gráficos são gêneros textuais e não somente recursos ilustrativos agregados a um texto verbal. Antes da pesquisa propriamente dita, foi feita uma sondagem na qual 55 indivíduos foram entrevistados a fim de problematizar os gráficos enquanto objetos de ensino. Tal sondagem mostrou, dentre outros fatos, que, na escola, os gráficos são mais lidos em disciplinas pertinentes à área de exatas, não fazendo parte das aulas de português, por exemplo.

⁴⁷ As análises dos dados foram realizadas com o software Nvivo o qual permite a contagem das respostas dos participantes a partir da construção qualitativa de categorias de análise.

⁴⁸ O termo senso crítico, segundo o autor, não se refere apenas à ação de criticar os dados, mas também está relacionado aos elementos e processos fundamentais, ou seja, críticos da interpretação de gráficos. O leitor precisa desenvolver uma abordagem crítica que também possa incluí-lo. Consequentemente, a noção de senso crítico também englobaria a capacidade dos leitores de refletir sobre suas próprias ideias, crenças, sentimentos, concepções e conjecturas a respeito dos dados interpretados.

No entanto, verificou-se que o contato com esse gênero é relativamente efetivo fora das situações escolares, durante leituras de jornais e revistas. Com as informações obtidas pela análise dessa sondagem, os procedimentos da pesquisa foram planejados. 45 alunos realizaram a leitura de gráficos de forma isolada do suporte do jornal e de gráficos apresentados junto a notícias, nas páginas da Folha de São Paulo. Posteriormente, 24 questões foram respondidas as quais avaliaram o desempenho em 9 habilidades na leitura dos gráficos nas versões de apresentação supracitadas. Para obtenção dos resultados, foram feitas análises quantitativas (incluindo teste estatístico) e análises qualitativas. Por meio da análise estatística, observou-se que, na habilidade “reconhecer os referentes dos elementos gráficos”, os alunos obtiveram melhor desempenho. A habilidade “inferir o tema de um texto” obteve o menor desempenho. Ademais, verificou-se que, quando as representações gráficas são dispostas em suas condições sociais de circulação, isto é, quando o gráfico encontra-se aliado a um texto informativo, a compreensão do conteúdo apresentado é maior, ressaltando a importância da familiaridade do contexto no qual dado gráfico aparece, corroborando o que Gal (2002) postula em seu modelo de letramento estatístico.

Souza (2012) em sua pesquisa buscou examinar os infográficos⁴⁹ do ponto de vista discursivo-linguístico, com base na Semiologia e Linguística Textual. Além dos aportes epistêmicos da Semiótica Plástica, mais especificamente, procura-se examinar a configuração de processos constitutivos da tessitura linguística da infografia tendo em vista que mecanismos da linguística verbal e visual apontam para ações descritivas, narrativas e explicativas. Foram analisados 58 textos infografados, apresentados de forma isolada ou agrupados a matérias mais extensas oriundas de revistas de divulgação científica midiática, doravante DCM, tais como, “Superinteressante”, “Saúde! é vital”, e “Mundo Estranho” (selecionados no período de agosto de 2008 a dezembro de 2009). Após a observação/análise dos textos, verificou-se que infográficos da DCM podem ser

⁴⁹ “É uma forma de representar informações técnicas como números, mecanismos e/ou estatísticas, que devem ser sobretudo atrativos e transmitidos ao leitor em pouco tempo e espaço. Normalmente utilizado em cadernos de Saúde ou Ciência e Tecnologia, em que dados técnicos estão mais presentes, o infográfico vem atender a uma nova geração de leitores, que é predominantemente visual e quer entender tudo de forma prática e rápida. Segundo pesquisas, a primeira coisa que se lê num jornal são os títulos, seguidos pelos infográficos, que, muitas vezes, são a única coisa consultada na matéria” (CAIXETA, 2005, p. 1).

caracterizados como sendo elementos que se revelam descritivos verbovisualmente os quais permitem ancorar ações narrativas e contribuem para explicações acerca de fenômenos, objetos e fatos nas sequências explicativas e nos propósitos ilocutórios dos textos pertinentes às áreas de ciência e tecnologia. Por meio desse estudo, foi possível categorizar o infográfico como um texto relevante do letramento verbal, científico e visual assim como destacar a importância de pesquisas acerca de textos dessa natureza, uma vez que os mesmos são tão presentes em situações do dia a dia e no contexto acadêmico.

Nos próximos capítulos, serão apresentados os experimentos realizados com gráficos de linha e de colunas na presente pesquisa. Como será visto, assim como em parte dos trabalhos aqui reportados, os experimentos foram construídos com o objetivo de investigar fatores que podem interferir no processo de leitura desses gráficos e sua integração com a informação linguística, expressa em uma sentença que codifica informação representada no gráfico.

7

Experimentos Parte I – experimentos de comparação sentença-figura com dados de tempo de resposta

Neste capítulo serão reportados os resultados obtidos em experimentos de comparação⁵⁰ sentença-figura em que foram utilizados estímulos linguísticos e gráficos que permitissem investigar as duas hipóteses apresentadas no início deste trabalho. Nesses experimentos, utilizamos (i) gráficos com colunas, a fim de verificar se o conhecimento prévio acerca do assunto/conteúdo expresso pela sentença afeta o modo como o gráfico será compreendido/interpretado pelo indivíduo e (ii) gráficos de linha, a fim de averiguar se a informação linguística influencia o leitor em termos de expectativas em relação às informações codificadas visualmente nesses gráficos.

Estes dois experimentos foram realizados a partir de um único teste cuja tarefa consistia numa avaliação na qual os participantes teriam que verificar se o gráfico representava o conteúdo expresso em uma dada sentença. Os gráficos de colunas funcionaram como distratores para a investigação dos gráficos de linha e vice-versa.

O teste foi conduzido em uma instituição pública federal tecnológica cuja demanda são alunos de cursos técnicos integrados ao nível médio e graduação, localizada no município de Nova Iguaçu. Para a programação do experimento, utilizou-se o programa *psyscope*⁵¹.

⁵⁰ Termo utilizado com base na nomenclatura estabelecida por Clark & Chase (1972) para os testes desenvolvidos em seus estudos acerca de como os indivíduos procedem em atividades de comparação entre sentenças e figuras, um paradigma experimental amplamente utilizado em estudos de processamento linguístico. Nesse trabalho, os autores consideram o processo de integração entre informação linguística e visual a partir de representações proposicionais. Para os autores, a primeira exigência de qualquer teoria de comparação de sentenças e figuras é que para os códigos poderem ser comparados, os mesmos precisam ser representados no mesmo formato mental. Essas ideias são compatíveis com a proposta de Pylyshyn para o processamento de informação visual e também com o modo como se concebe nesta tese a integração entre representações de natureza linguística e visual.

⁵¹ Programa gratuito que possibilita a pesquisadores a elaboração e aplicação de experimentos na área da psicolinguística (Cohen et al. 1993). Informações sobre o programa estão disponíveis em <http://psy.ck.sissa.it/>

7.1.

Experimento 1- gráficos de colunas

Com o intuito de verificar se o conhecimento de mundo acerca da informação representada graficamente pode influenciar o processo de integração entre informação linguística e visual, foi elaborado um experimento com gráficos de colunas.

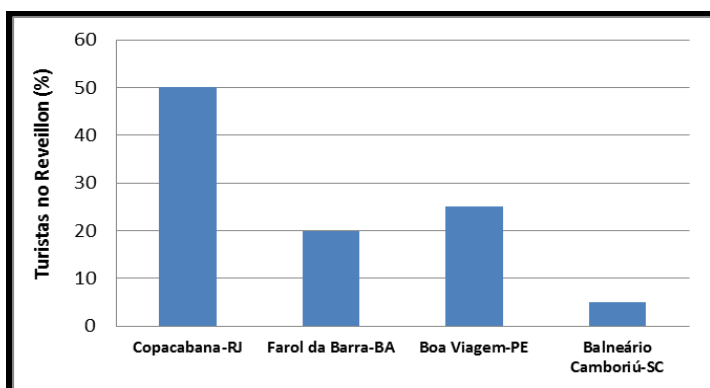
As **variáveis independentes** foram:

- 1) Conteúdo expresso pela frase que dá origem ao gráfico.
 - 1.1. Frases cujo conteúdo é conhecido do aluno;
 - 1.2. Frases cujo conteúdo não é conhecido do aluno.
- 2) Correção do gráfico em relação ao conteúdo informacional.
 - 2.1. O gráfico representa o conteúdo da frase;
 - 2.2. O gráfico não representa o conteúdo da frase.

As variáveis independentes foram manipuladas por meio de alterações realizadas no desenho das colunas, apenas. O design resultante (2x2), totalizou 4 condições experimentais que serão exemplificadas a seguir, detalhando-se como as mesmas foram elaboradas:

➤ **Condição1: conteúdo da frase conhecido/gráfico correto**

Ex: *Copacabana é a praia no Brasil que recebe o maior número de turistas no Reveillon.*

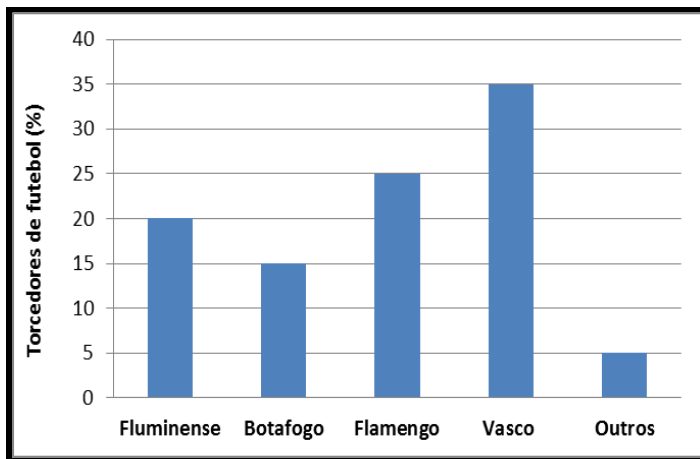


Conteúdo informacional conhecido na sentença e representação da informação no gráfico correta .

Figura 11: Gráfico de colunas- condição CC

➤ **Condição 2: conteúdo da frase conhecido/gráfico incorreto**

Ex: *Flamengo é o time carioca com o maior número de torcedores.*

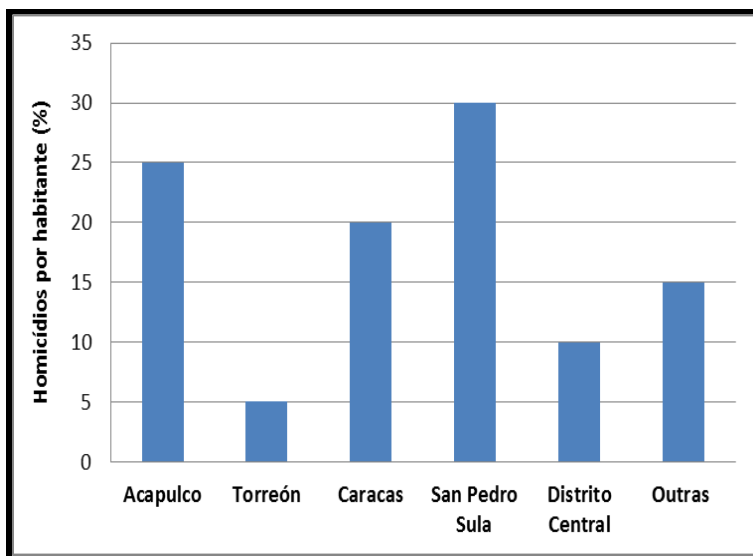


Conteúdo informacional conhecido na sentença e representação da informação no gráfico incorreta.

Figura 12: Gráfico de colunas- condição CI

➤ **Condição 3: conteúdo da frase desconhecido/gráfico correto**

Ex: *San Pedro Sula é a cidade das Américas com o maior número de homicídios por habitante.*

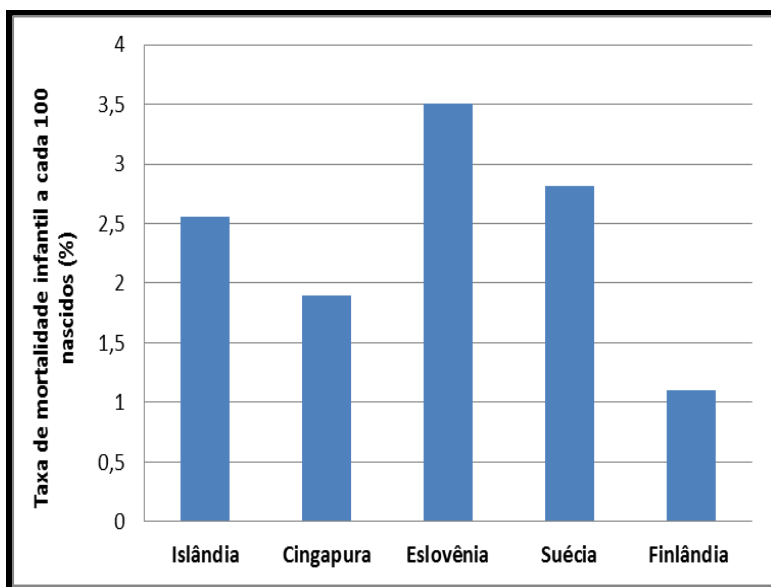


Conteúdo informacional desconhecido na sentença e representação da informação no gráfico correta.

Figura 13: Gráfico de colunas- condição DC

➤ **Condição 4: conteúdo da frase desconhecido/gráfico incorreto**

Ex: Islândia é o país que apresenta a menor taxa de mortalidade infantil.



Conteúdo informacional desconhecido na sentença e representação da informação no gráfico incorreta .

Figura 14: Gráfico de colunas- condição DI

As **variáveis dependentes** são apresentadas a seguir:

- 1) Índice de acerto;
- 2) Tempo de resposta.

Participantes

Participaram do experimento, como voluntários, 30 alunos de graduação em Engenharia Industrial de Controle e Automação e 30 alunos de Engenharia de Produção (14 mulheres e 46 homens). Alunos de Engenharia foram escolhidos como público-alvo dessa pesquisa uma vez que gráficos são gêneros bastante recorrentes na área e por possuírem familiaridade com os mesmos. Nos termos de Swales⁵² (1990), graduandos de Engenharia são uma comunidade discursiva que utiliza esse gênero em práticas sociais cujos membros são indivíduos especializados.

Tais alunos foram alocados em dois grupos distintos, de modo a permitir que uma mesma frase fosse avaliada tanto na condição *gráfico correto* quanto na condição *gráfico incorreto*, conforme será detalhado a seguir.

Material

⁵² Conferir. cap.2.

Foi feito um levantamento prévio junto a 169 alunos do Ensino Médio-Técnico cujo objetivo era averiguar se os assuntos apresentados nas sentenças experimentais faziam parte (ou não) do conhecimento prévio dos alunos. A partir desse estudo prévio, 16 frases foram selecionadas (cf. apêndice 5)- 8 frases cujo conteúdo era conhecido e 8 frases que apresentavam conteúdo desconhecido.

Duas listas (Lista 1 e 2) foram elaboradas com as mesmas frases. Frases que apareciam junto a gráficos corretos em uma lista, apareciam junto a gráficos incorretos na outra lista (cf. apêndice 6).

Foram construídos 16 estímulos, sendo 4 por condição. Além desses, foram criados 3 estímulos para fins de treinamento. Houve um cuidado na elaboração dos estímulos linguísticos no sentido de equilibrar os itens constituintes de cada sentença. Para tanto, foram manipuladas os seguintes elementos: (a) *conhecimento prévio* (conteúdo conhecido vs desconhecido), (b) *correção* (gráfico correto vs incorreto em relação ao conteúdo expresso pela sentença), (c) *número de itens* (1 ou 2 elementos ocupando a função de sujeito), e (d) expressão lexical (palavras com sentido positivo – *mais/maior* e negativo – *menos/menor*).

Aparato

O aparato experimental consistiu de um computador portátil MacBook Air (fabricado pela Apple) com tela *widescreen* de 13,3 polegadas, processador Intel Core i5 dual core de 1.4GHZ e 4GB de memória LPDDR3, 1600MH cujo sistema operacional é o OS X Mavericks. Nas teclas [c] e [m] foram afixadas as letras S (sim) e N (não), respectivamente para que o indivíduo pudesse pressionar a tecla correspondente à resposta escolhida para cada estímulo apresentado.

Procedimentos

Os participantes foram testados de forma individual em uma sala de aula da instituição e no Laboratório de Desenho. Primeiramente, explicou-se ao participante que o mesmo iria participar de uma atividade de leitura. Em seguida, o participante era orientado, pelo experimentador, para utilizar apenas as teclas que continham as letras [s] e [n] afixadas no computador para dar a resposta e a tecla *espaço* para dar prosseguimento à mostragem das frases. Chamou-se atenção para a necessidade do cuidado ao pressionar as teclas e não esbarrar nas demais a fim de evitar que o programa travasse ou algum

equivoco ocorresse quando da exibição dos estímulos na tentativa de evitar a perda dos dados coletados. Os mesmos também foram alertados sobre a não possibilidade de retornar ao estímulo lido tanto aquele que apresentava o conteúdo informacional como o que apresentava o gráfico correspondente. A sessão era iniciada com o participante lendo as instruções do experimento e fazendo o treino que era composto por 3 estímulos. Passada a fase de treinamento, iniciava-se o experimento efetivamente. As instruções para a tarefa foram apresentadas na tela do monitor e informavam que a tarefa consistia em indicar se a figura combinava (ou não) com a frase apresentada. Cada participante tinha que ler o estímulo linguístico (a frase). Em seguida, pressionava a tecla *espaço* para que o gráfico correspondente fosse exibido na tela. Após a visualização do gráfico, o participante tinha que dar a resposta (sim ou não), pressionando a tecla adequada. A duração de cada sessão experimental foi de aproximadamente 5 a 7 minutos.

Resultados

Foi utilizado o modelo de regressão para análise dos dados referentes às variáveis dependentes. A fim de verificar os possíveis efeitos dos itens manipulados nos estímulos linguísticos, optou-se por usar o modelo também para as variáveis independentes.

Reportaremos os resultados relativos a *índice de acerto* e, em seguida, os resultados associados à variável dependente *tempo de resposta*.

Tempo de resposta

Embora tivéssemos duas variáveis independentes principais, na tabela a seguir, apresentam-se os valores obtidos também para outros fatores que consideramos relevantes analisar⁵³, tais como: *número de itens* e *expressão lexical*, uma vez que este modelo permite trabalhar com diversos elementos.

Variáveis	Parâmetros	Erro padrão	P-valor
Intercepto ⁵⁴	5388.52	0.03884	<0,0001
Tipo de conhecimento-C	0.9822	0.03370	0,5960
Correção- CR	0.8451	0.03374	<0,0001
Número de itens-I2	1.0994	0.03400	0,0054
Expressão lexical-POS	0.8219	0.03370	<0,0001

⁵³ Verificar página 98 para demais itens.

⁵⁴Dado um sujeito apresentado a uma frase qualquer, o tempo esperado de resposta é por volta de 5388.52ms.

R ² ⁵⁵ ajustado (coeficiente de determinação)	6,83%
Teste F ⁵⁶	F=17.49 com p-valor <0,0001
Teste de normalidade	0,4334

Tabela 2: Dados referentes à variável tempo de resposta- gráficos de colunas

Correção, número de itens e expressão lexical são os fatores que apresentaram coeficientes significativos ($p < 0,0001$; $p < 0,0001$ e $p = 0,0054$, respectivamente).

No tocante ao efeito de interação entre as variáveis **tipo de conhecimento** x **correção**, observam-se os seguintes resultados:

Variáveis	Parâmetros	Erro padrão	P-valor
Intercepto	4070.80	0.03296	<0,0001
Desconhecido: Incorreto	1.2388	0.044824	<0,0001
Conhecido: Incorreto	1.2913	0.04661	<0,0001
Desconhecido: Correto	1.1261	0.04824	0,014

R ² ajustado	3,44%
Teste F	F=11.68 com p-valor <0,0001
Teste de normalidade	0,5411

Tabela 3: Dados referentes ao efeito de interação das variáveis *conteúdo expresso pela frase que dá origem ao gráfico* x *correção*- gráficos de colunas.

O gráfico a seguir apresenta as médias de *tempo de resposta* para as quatro condições experimentais:

⁵⁵ A quantidade de variabilidade presente no tempo, explicada pelo modelo elaborado. $0 \leq R^2 \leq 1$ - quanto mais próximo de 1, maior a explicabilidade do modelo. Quanto mais próximo de 0, pior. Possui como objetivo avaliar a qualidade do ajuste do modelo de regressão.

⁵⁶ Analisa a adequabilidade geral do modelo, ou seja, a sua aderência às amostras presentes na base de dados. O modelo estimado é adequado quando o teste F é significativo (quando $p\text{-valor} < \text{nível de significância}$, ou seja, $< 0,05$).

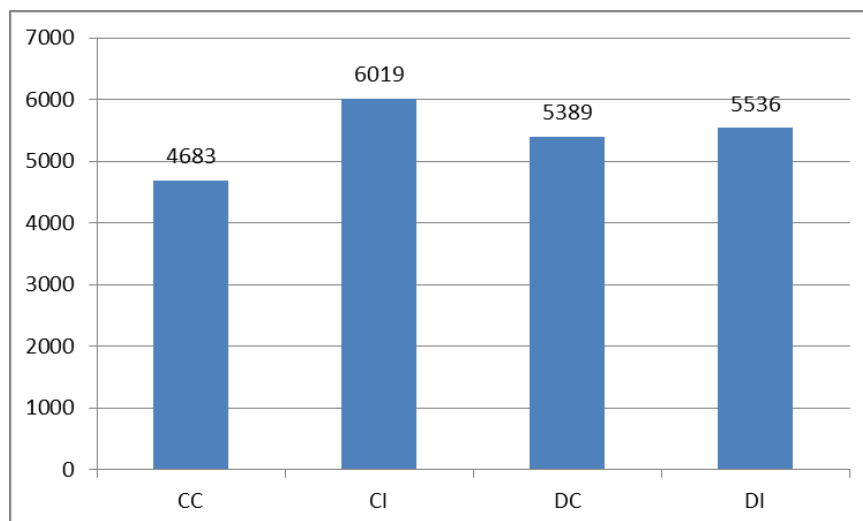


Gráfico 1: Tempo médio de resposta- gráfico de colunas.

Índice de acerto

Para a variável dependente *índice de acerto*, aplicou-se o teste de Qui-Quadrado para verificar a presença de associação entre esta variável e *conhecimento prévio*. O resultado obtido não demonstrou associação significativa entre as variáveis (X-squared = 0.815, p-valor > 0,05).

O teste de Qui-Quadrado também foi utilizado a fim de verificar a presença de associação entre as variáveis *índice de acerto* e *correção*. O resultado obtido novamente não apresentou associação significativa entre as variáveis (p-valor > 0,05).

Assim como foi feito para *tempo de resposta*, também incluímos nessa análise os fatores *número de itens* e *expressão lexical*. Por meio dos valores obtidos, verificou-se que todos os coeficientes dos efeitos principais não foram estatisticamente significativos (p-valor > 0,05), assim como aqueles referentes à interação *conhecimento prévio* e *correção* (p-valor > 0,05).

Variáveis	Parâmetros	Erro padrão	P-valor
Intercepto	-2.11563	0.26050	>0,0001
Tipo de conhecimento- C	-0.34957	0.33592	0.298
Correção- CR	1.2913	0.29401	0.769
Número de itens- I2	0.07304	0.22960	0.750
Tipo de frase- POS	0.15086	0.22651	0.505

Tabela 4: Dados referentes à variável *índice de acerto*

O gráfico seguinte apresenta as médias de índice de acerto relacionadas às condições estabelecidas:

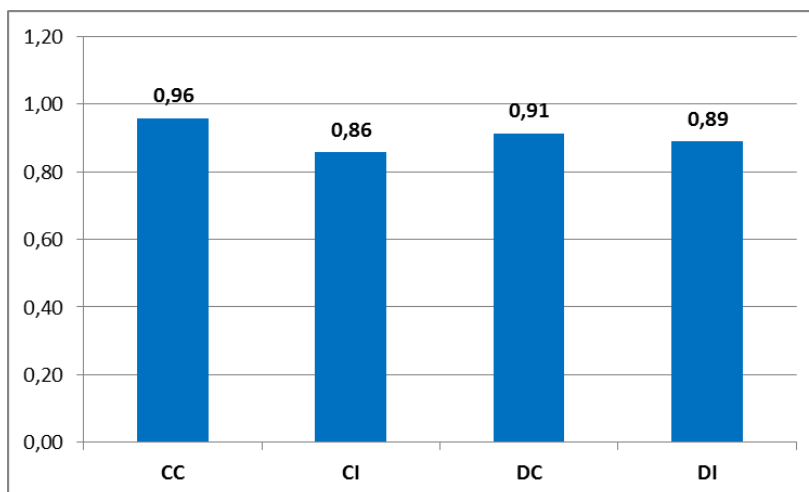


Gráfico 2: Índice de acerto – gráfico de colunas

Discussão

Neste experimento, procuramos observar possíveis efeitos de ordem *top-down* (conhecimento prévio) no processo de análise de compatibilidade frase/gráfico. Em relação à variável tempo de resposta, nossa expectativa inicial era de que o tempo de resposta fosse menor nas condições em que as frases apresentavam informação supostamente conhecida. Conforme vimos, contudo, conhecimento prévio do assunto não apresentou valor de p significativo. Os participantes levaram apenas 1,78% menos tempo para responder a tarefa nas condições em que as frases apresentavam conteúdo conhecido vs as que apresentavam conteúdo desconhecido.

Quanto à influência da compatibilidade do gráfico em relação à frase, conforme era esperado, observou-se um efeito significativo da variável independente correção. Os dados parecem indicar que, quando há uma compatibilidade entre o conteúdo informacional e a representação gráfica utilizada, o processamento da informação torna-se menos custoso.

Os gráficos que representavam corretamente o conteúdo expresso pelas frases tiveram um tempo de resposta em média 15,49% menor quando comparados aos gráficos incorretos. Essa diferença é particularmente expressiva quando se analisam as duas condições em que as frases apresentam **conteúdo conhecido**. Os participantes levaram 29.13% a mais de tempo para realização da tarefa quando o gráfico era incorreto do que quando era correto. Esse resultado sugere que existe uma expectativa forte em relação ao que será expresso no gráfico e, quando esta é quebrada, o participante demora a tomar

sua decisão, como se reanalisasse o conteúdo do gráfico, o mesmo não ocorrendo quando o conteúdo é desconhecido.

Conforme esperado, quando as frases apresentavam dois elementos (Número de Itens/I2), o tempo gasto para resposta foi 9.94% maior em relação às frases que eram compostas por um elemento, apenas, o que corrobora a ideia de que quanto maior o número de elementos em uma dada sentença, mais custoso é o processamento.

No que tange ao tipo de expressão lexical utilizada (POS), em frases com sentido afirmativo, o tempo gasto para realização da tarefa foi 17.81% menor se comparado ao tempo gasto para frases com sentido negativo. Frases com sentido afirmativo parecem ser mais facilmente processadas quando comparadas às frases com sentido negativo, contribuindo para um processamento mais rápido da informação.

Em relação à variável índice de acerto, os resultados obtidos não foram estatisticamente significativos quando isolados ou em interação. Por ser um tipo de gráfico recorrente na área, os alunos pareceram não demonstrar dificuldades na realização da tarefa, uma vez que, na maioria das vezes, o número de acertos foi maior do que o de erros independente da variável testada.

7.2.

Experimento 2- gráficos de linha

A fim de averiguar se a informação linguística influencia o leitor em termos de expectativas em relação às informações codificadas visualmente em gráficos, foi realizado um experimento com gráficos de linha. Para a montagem dos estímulos, partiu-se da pesquisa realizada por Rodrigues & Neto (2012) com alunos graduandos do curso de Letras de uma universidade particular da zona sul da cidade do Rio de Janeiro, na qual foi aplicado um experimento com os mesmos objetivos⁵⁷. No referido experimento, foram

⁵⁷ O experimento foi conduzido com 11 alunos universitários de uma instituição privada do Rio de Janeiro. Os indivíduos deveriam ler frases e em seguida analisar gráficos de linha que representavam as informações contidas nas mesmas, de modo a avaliar a compatibilidade entre informação linguística e visual. Quatro condições experimentais foram estabelecidas, a saber: (i) informação visual congruente e correta em relação à frase; (ii) informação visual congruente e incorreta; (iii) informação visual incongruente e correta; (iv) informação visual incongruente e incorreta. Foram criados 4 pares frase/gráfico por condição (total 16 experimentais) e 16 pares distratores, metade com gráficos de coluna e metade com gráficos de pizza. Em uma folha de respostas, os participantes deveriam responder 'sim' ou 'não.' A variável dependente foi índice de acerto. Foi verificado efeito principal apenas da variável correção ($p < 0,001$), com maior índice

manipuladas as mesmas variáveis dos testes aplicados, porém analisou-se apenas índice de acerto, visto que o recurso empregado não permitia o registro de tempo de resposta dos participantes. Nesta nova versão do experimento, tempo de resposta é uma das variáveis dependentes consideradas.

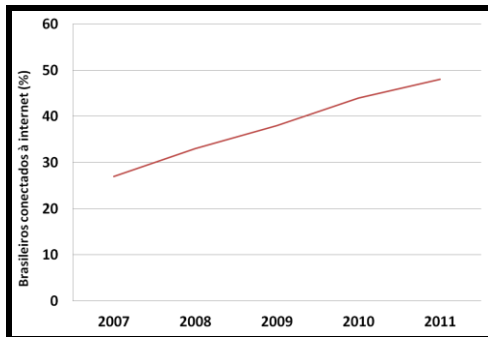
As **variáveis independentes** foram:

- 1) Congruência – no intuito de averiguar a relação existente entre a informação linguística e visual (congruência x incongruência);
- 2) Correção – com o propósito de verificar a correção das informações visuais em relação às informações linguísticas (correção x incorreção).

As variáveis independentes foram manipuladas por meio de alterações realizadas no desenho da linha e na informação temporal (eixo x). O design resultante foi 2 x2, totalizando 4 condições experimentais. A seguir, exemplificam-se as condições experimentais e detalha-se como as mesmas foram construídas:

➤ **Condição 1- informação visual congruente e correta em relação à frase**

Ex: *O número de brasileiros com acesso à internet aumentou entre 2007 e 2011.*



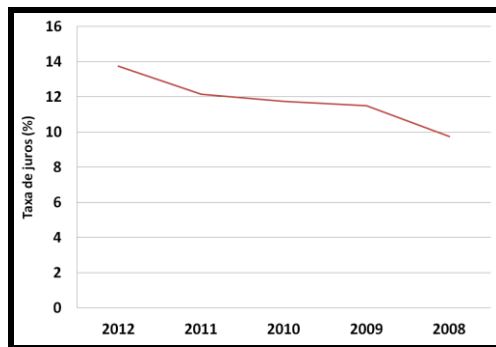
Linha congruente com a representação conceitual do predador (verbo aumentar) e informação temporal no eixo x apresentada em ordem crescente.

Figura 15: Gráfico de linha - condição CC

➤ **Condição 2-informação visual congruente e incorreta em relação à frase**

Ex: *A taxa básica de juros recuou nos últimos cinco anos.*

de acerto para as condições em que o gráfico representava corretamente o conteúdo expresso na frase. Congruência teve efeito marginalmente significativo ($p=0,048$) e não houve efeito de interação.

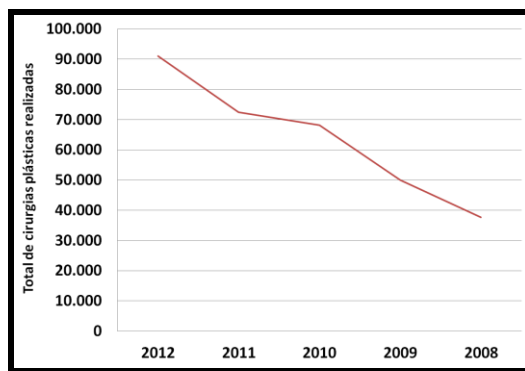


Linha congruente com a representação conceitual do predicador (verbo recuar) e informação temporal-no eixo x apresentada em ordem decrescente.

Figura 16: Gráfico de linha - condição CI

➤ **Condição 3- informação visual incongruente e correta em relação à frase**

Ex: *O número de cirurgias plásticas em adolescentes aumentou em quatro anos.*

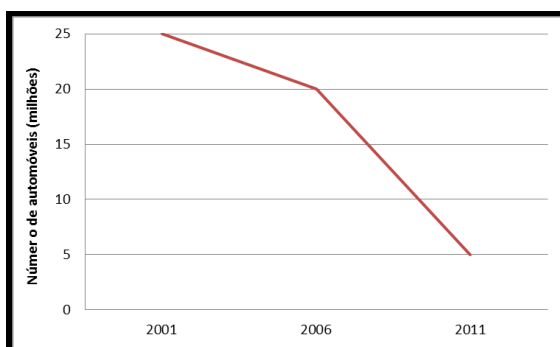


Linha incongruente com a representação conceitual do predicador (verbo aumentar) e informação temporal-no eixo x apresentada em ordem decrescente.

Figura 17: Gráfico de linha - condição IC

➤ **Condição 4-informação visual incongruente e incorreta em relação à frase**

Ex: *A frota de automóveis nas metrópoles brasileiras cresceu no período de dez anos.*



Linha incongruente com a representação conceitual do predicador (verbo crescer) e informação temporal-no eixo x apresentada em ordem crescente.

Figura 18: Gráfico de linha - condição II

As **variáveis dependentes** nesta versão do experimento foram as seguintes:

- 1) Índice de acerto;
- 2) Tempo de resposta.

Participantes

Como mencionado no início deste capítulo, foi realizado um único teste para aplicar os dois experimentos. No caso do experimento com gráfico de linhas, exatamente os mesmos estímulos experimentais (pares frase/gráficos) foram apresentados aos 30 alunos de Engenharia Industrial de Controle e Automação e aos 30 alunos de Engenharia de Produção da mesma instituição. Esse experimento foi realizado com os mesmos participantes da atividade anterior.

Material

Foi elaborada uma lista composta por 16 estímulos experimentais que foi utilizada pelos grupos. Havia 4 instâncias de cada condição. Os 16 pares frase/gráfico do experimento com gráficos de colunas serviram como distratores para este experimento. As frases dos itens experimentais apresentavam a seguinte estrutura: sujeito + verbo+ adjunto adverbial de tempo, correspondente a uma proposição com um predador e dois argumentos.⁵⁸ Os gráficos apresentavam diferenças relativas à posição da linha e à ordem da informação temporal no eixo x, conforme ilustrado nas condições experimentais.

Além desses, 3 estímulos foram utilizados para fins de treinamento. Os estímulos foram aleatorizados automaticamente pelo programa *psyscope*⁵⁹.

Aparato

Este experimento contou com o mesmo aparato utilizado no experimento 1.

Procedimentos

⁵⁸ O termo argumento também é utilizado neste trabalho para se referir ao adjunto adverbial temporal, embora a relação semântico-sintática entre este e o predador verbal seja distinta da existente entre o predador e os outros elementos da sentença.

⁵⁹ Após aplicação dos experimentos, verificou-se que os gráficos correspondentes às frases 20, 22 e 27 apresentavam problemas no eixo y relativos a escala numérica. As respostas a esses itens experimentais, contudo, não apresentaram resultados que divergiram de outros itens na mesma condição experimental. Logo, optamos por mantê-los na análise das respostas.

O procedimento adotado para este experimento foi o mesmo utilizado para o experimento com os gráficos de colunas.

Resultados

Tempo de resposta

Os dados foram submetidos a uma análise de variância ANOVA (2 within subject factors), realizada por meio do pacote estatístico EZANOVA. No tocante aos resultados referentes à variável **tempo de resposta**, obteve-se efeito principal das variáveis *congruência* ($F(1,59)=25,2$, $p=0,000005$) e *correção* ($F(1,59)=11,9$, $p=0,001061$).

O gráfico a seguir apresenta as médias de *tempo de resposta* relativas a variável congruência.

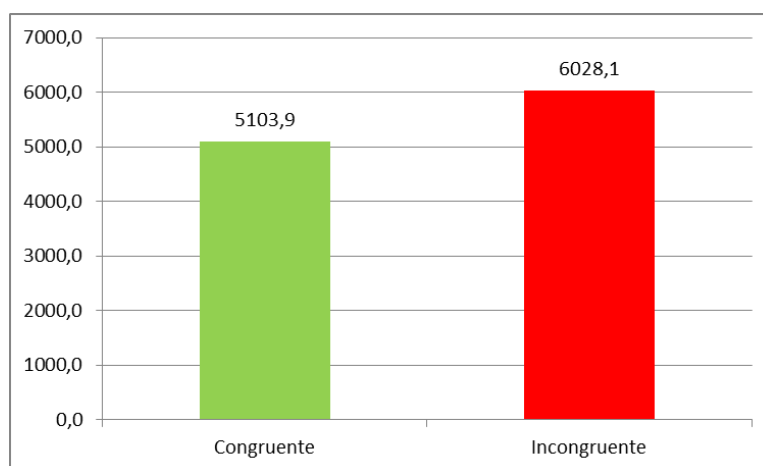


Gráfico 3: Média de tempo de resposta - congruente x incongruente

Em relação à variável *correção*, foram obtidas as seguintes médias:

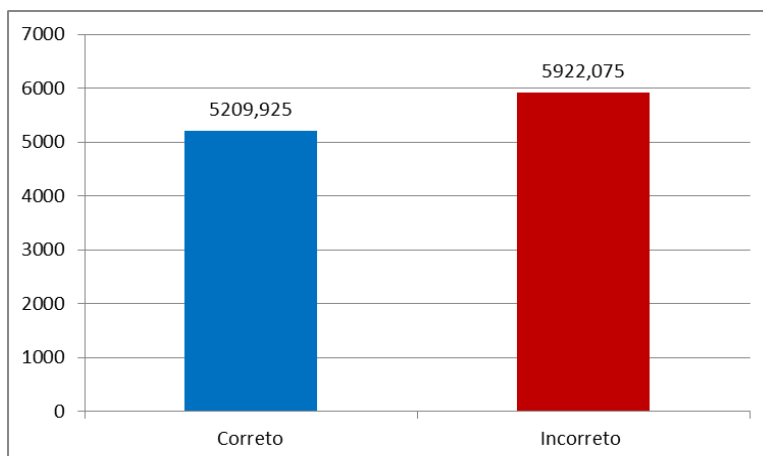


Gráfico 4: Média de tempo de resposta- correto x incorreto

Foi verificado também efeito de interação entre as variáveis ($F(1,59)=4,72$ $p=0,033909$)⁶⁰.

Na comparação entre os pares, os resultados foram os seguintes:

[Congruente_Correto]vs[Congruente_Incorreto] $t(59)=4,33$ $p= 0,0001$

[Congruente_Correto]vs[Incongruente_Correto] $t(59)=4,78$ $p= 0,0001$

[Congruente_Correto]vs[Incongruente_Incorreto] $t(59)=5,43$ $p= 0,0001$

[Congruente_Incorreto]vs[Incongruente_Correto] $t(59)=0,85$ $p= 0,4006$

[Congruente_Incorreto]vs[Incongruente_Incorreto] $t(59)=2,90$ $p= 0,0052$

[Incongruente_Correto]vs[Incongruente_Incorreto] $t(59)=1,46$ $p= 0,1487$

⁶⁰ Como os 60 participantes do experimento viram os mesmos estímulos experimentais, porém em situações diferentes (listas que envolviam distratores com pares frase/gráfico diferentes), conduzimos uma análise de variância tomando lista como fator grupal (2 within - congruência e correção; 1 between -lista). Como esperado, não houve efeito de lista (principal ou de interação com as variáveis correção e congruência). Os resultados relativos à congruência e correção foram mantidos: efeito principal de congruência ($F(1,58) = 24,9$ $p=0,000006$), de correção ($F(1,58) = 11,8$ $p=0,001092$) e efeito de interação congruência x correção ($F(1,58) = 4,67$ $p<0,034921$).

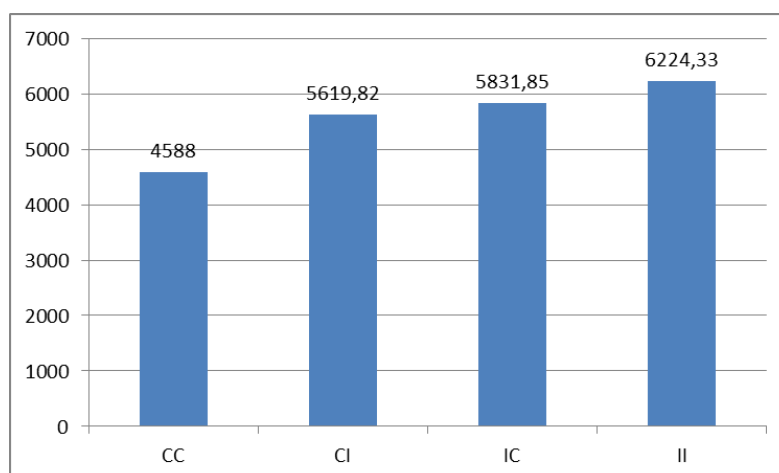


Gráfico 5: Tempo médio de resposta por condição

Em relação ao **índice de acerto**, foi utilizado o teste de Friedman⁶¹ para análise estatística dos resultados. O valor obtido foi altamente significativo ($p=1,72758E-11$) e o teste de comparações múltiplas revelou serem significativas as diferenças entre as condições CC-CI, CC-IC, CI-II e IC-II.

Abaixo, reproduz-se o resultado gerado pelo programa estatístico Action e, em seguida, apresenta-se um gráfico com as médias relativas ao índice de acerto por condição experimental:

Método: Friedman rank sum test

Informação	Valor
Friedman qui-quadrado	53,12106538
Graus de Liberdade	3
P-valor	1,72758E-11

Comparações Múltiplas			
Fatores Comparados	Diferença	Diferença	Diferença
	Observada	Crítica	
CC – CI	53,5	37,31059	Sim
CC – IC	74,5	37,31059	Sim
CC – II	12	37,31059	Não
CI – IC	21	37,31059	Não

⁶¹ Optamos por utilizar o teste de Friedman para análise de índice de acertos, em função de esta variável dependente ser discreta e de o referido teste ser o equivalente não-paramétrico da análise de variância (ANOVA). O teste faz uso da distribuição qui-quadrado. Para realizar a análise estatística utilizamos o software Action, disponível no Portal Action (<http://www.portaction.com.br/sobre-o-action>)

CI – II	41,5	37,31059	Sim
IC – II	62,5	37,31059	Sim

Figura 19: Tabelas de resultados do teste de Friedman geradas pelo programa Action – *psyscope*

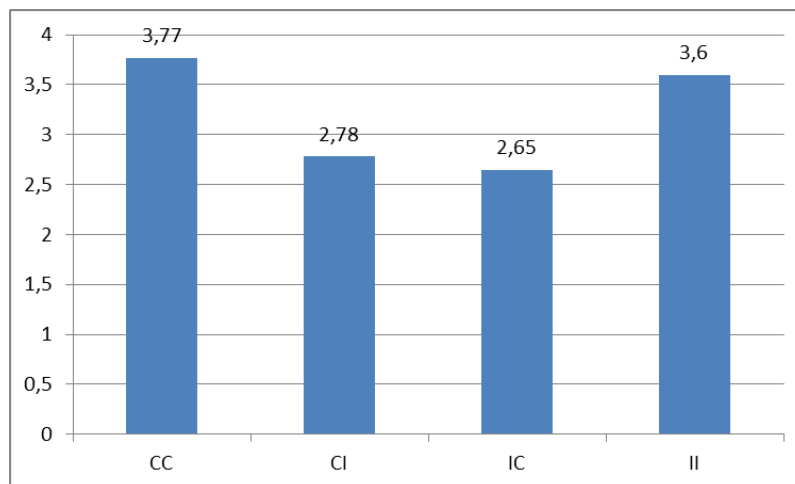


Gráfico 6: Média de resposta correta por condição experimental

Discussão

Os resultados de **tempo de resposta** para a variável independente *congruência* apontam tempo mais rápido de resposta para gráficos congruentes (CC e CI), sendo a condição CC (congruente correta) a que apresenta o mais baixo tempo de resposta no conjunto das condições. Gráficos quando incongruentes parecem trazer mais custo para o processamento.

Em relação à variável independente *correção*, assim como foi observado no experimento com gráficos de colunas, os tempos de resposta nas condições incorretas são mais lentos: o participante, após ler a frase, possivelmente cria uma expectativa quanto ao modo como informação estará representada no gráfico e este, por não corresponder ao esperado, leva a um possível estranhamento, o que determina uma diferença nos tempos de resposta nessas condições.

Quando as condições são comparadas duas a duas, verifica-se que *correção* tem um efeito apenas entre as condições congruentes. Nas condições incongruentes, o fato de a informação ser correta ou incorreta não parece ter afetado os tempos de resposta (não há diferença significativa entre IC e II - [Incongruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(59)=1,46$ $p=0,1487$). Em relação às condições congruentes, o fator correção parece ser um elemento facilitador ([Congruente_Correto] vs.

Congruente_Incorreto] $t(59)=4,33$ $p= 0,0001$). O processo de integração frase/gráfico na condição CC (congruente/correto) é o menos custoso de todos, como já apontado.

Ainda na comparação entre pares, verifica-se que congruência afeta tanto as condições corretas (CC e IC - [Congruente_Correto] vs. [Incongruente_Correto] $t(59)=4,78$ $p= 0,0001$) quanto as condições incorretas (CI e II- [Congruente_Incorreto] vs.[Incongruente_Incorreto] $t(59)=2,90$ $p= 0,0052$). Cumpre, ainda, observar que o tempo mais alto de resposta foi verificado para a condição II, em que o gráfico é incongruente e incorreto, isto é, quando dois fatores são incompatíveis com o que se espera a partir da informação linguística.

No que se refere à variável dependente **índice de acerto**, os participantes não tiveram dificuldade de julgar a compatibilidade frase/gráfico quando as duas informações (congruência e correção) não divergiam. No entanto, quando havia uma discrepância, houve maior oscilação por parte dos indivíduos.

No conjunto, os resultados do experimento com gráficos de linha estão de acordo com as previsões decorrentes da hipótese de trabalho segundo a qual informação linguística codificada no item lexical correspondente ao predicador (no caso, o verbo da sentença) deflagra expectativas em relação a que tipos de informação (número e natureza dos argumentos) estarão representados graficamente e como será sua apresentação visual no gráfico.

Quanto ao fator correção - que no experimento em questão é manipulado a partir da direção da linha e também da ordem em que informação temporal é apresentada –, embora se tenha obtido um efeito principal dessa variável em relação a tempo de resposta, os resultados não são tão claros. A condição IC (incongruente correta) teve um tempo de resposta relativamente alto e o índice de acerto nessa condição foi o mais baixo de todos. Ao se examinar o gráfico dessa condição, verifica-se que aquilo que garante a correção do gráfico em relação ao conteúdo da frase é o fato de o eixo x apresentar informação cronológica decrescente conjuntamente com uma linha que contraria a informação do predicador verbal. Ou seja, há possivelmente duas quebras de expectativa nesse caso: uma relativa ao padrão de apresentação de informação temporal no eixo x (em geral em ordem crescente) e outra associada à compatibilidade linha/predicador verbal.

Quando há uma divergência entre congruência e correção (CI e IC), ou seja, quando um fator está de acordo com a frase e o outro não, os participantes apresentam mais dificuldades; essa dificuldade se evidencia em especial no índice de acerto, que é

mais baixo nas condições CI e IC em relação às duas outras condições, em que congruência e correção vão na mesma direção (CC e II).

No próximo experimento, procuramos examinar como ocorre a integração entre informação linguística expressa na sentença e a informação visual apresentada graficamente por meio da técnica de rastreamento ocular. Ademais, busca-se verificar se a informação linguística influencia o leitor em termos de expectativas em relação às informações codificadas visualmente nos gráficos. Cumpre ressaltar que nesse experimento, serão utilizados somente gráficos de linha.

8

Experimentos Parte II – experimento de rastreamento ocular

Este capítulo descreve, primeiramente, aspectos relacionados à visão humana e a técnica de rastreamento ocular, contemplando um breve retrospecto acerca dos movimentos oculares, os principais parâmetros utilizados em pesquisas psicolinguísticas e uma introdução ao uso de rastreadores oculares para estudos relacionados à cognição. Em seguida, apresenta-se o experimento conduzido com a técnica de rastreamento ocular para a presente pesquisa.

8.1.

A visão humana e a técnica de rastreamento ocular

8.1.1. A visão

A visão é um dos cinco sentidos humanos e os olhos são os órgãos responsáveis pelo ato de ver. Por meio da visão, é possível detectar a luz assim como as imagens presentes no ambiente. Imagens ópticas são produzidas e transformadas em impulsos nervosos que são conduzidos ao cérebro. Membranas que atuam como revestimento e elementos transparentes compõem o olho humano. Esclera, coróide e a retina são as membranas que revestem o olho.

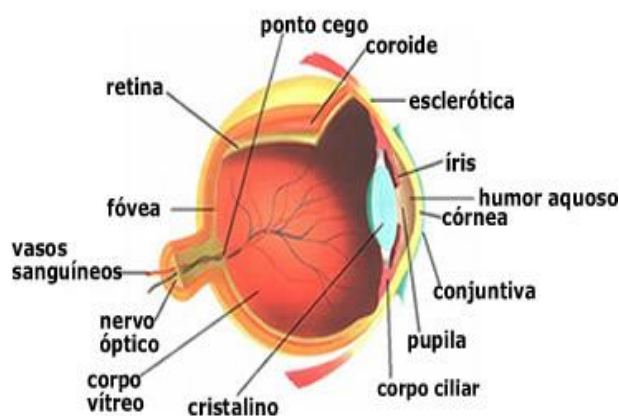


Figura 20: anatomia do olho⁶².

⁶² Disponível em (<http://www.brasilecola.com/oscincosentidos/visao.htm>)

A esclera caracteriza-se pelo branco dos olhos e é a camada mais resistente que reveste o globo ocular. Esta compõe a parte fibrosa do olho junto com a córnea – uma membrana transparente que possui curvatura mais acentuada na direção vertical e que desempenha papel fundamental na visão na medida em que sua curva acentuada permite que raios paralelos se convirjam atingindo a fóvea central.

A coroide é uma membrana intermediária na qual os vasos sanguíneos estão localizados. Nesta parte, encontra-se a íris (a “parte colorida do olho”). É uma membrana que possui em seu centro a pupila⁶³, responsável pelo controle da entrada de luz no olho, ou seja, pela passagem de luz até a retina. Possui papel importante na acuidade visual⁶⁴.

A retina possui células responsáveis por receber os estímulos visuais e transformá-los em impulsos nervosos que são captados e transmitidos ao cérebro pelo nervo óptico. O córtex visual primário é a parte do cérebro que recebe as informações enviadas gerando a visão das imagens. As células receptoras são compostas por *cones* (células pelas quais as cores são percebidas) e os *bastonetes* (células que percebem as imagens em branco, preto e cinza).

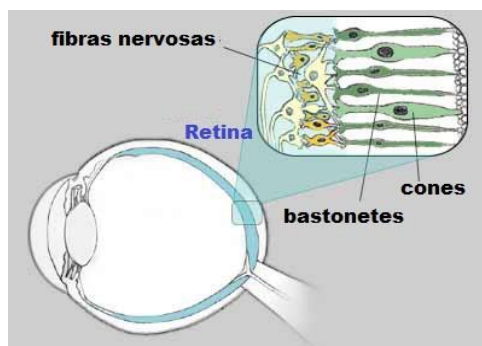


Figura 21: Células receptoras que compõem a retina.⁶⁵

⁶³ Quando a pupila está exposta a muita luminosidade, sua abertura diminui. Em situações de pouca luminosidade, dilata-se, aumentando seu tamanho.

⁶⁴ “Acuidade Visual (AV) é o grau de aptidão do olho, para discriminar os detalhes espaciais, ou seja, a capacidade de perceber a forma e o contorno dos objetos. Essa capacidade discriminatória é atributos dos cones (células fotossensíveis da retina), que são responsáveis pela Acuidade Visual, central, que compreende a visão de forma e a visão de cores”. (<http://www.vejam.com.br/>)

⁶⁵Disponível em <http://alexandremedeirosfisicaastronomia.blogspot.com.br/2011/10/fisica-no-dia-dia001.html>

Os cones estão localizados na fóvea, uma parte da retina com 4mm. Neste local, é possível ver os objetos com detalhes, o que maximiza a qualidade visual. Na região do entorno denominada parafovea, ainda conseguimos ver com detalhes, porém não há acuidade no que tange às formas e cores percebidas. Vale ressaltar que, mesmo com a diminuição na riqueza de detalhes, esta região possibilita o reconhecimento de objetos desde que o cérebro já os conheça. A região perifóvea é a menos clara e da onde não é possível extrair informação relevante para a leitura. É também denominada de região periférica.

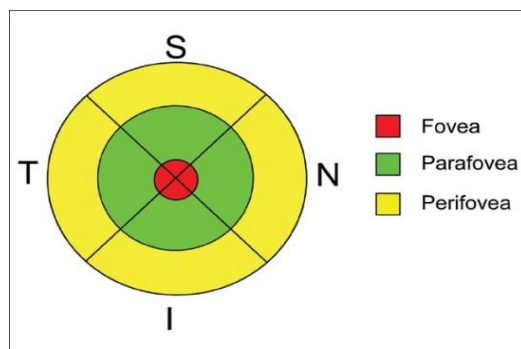


Figura 22: Visão foveal, parafoveal e perifoveal⁶⁶.

Os elementos transparentes são: o *humor aquoso* (substância líquida que preenche o espaço localizado entre o cristalino e a córnea), *cristalino* (membrana elástica situada na parte traseira da íris. Sua função é permitir uma nítida visão em quaisquer distâncias), *humor vítreo* (substância gelatinosa no espaço entre a parte de trás do cristalino e a retina).

A visão ocorre por meio da luz que atravessa a córnea, o humor aquoso e a pupila e atinge o cristalino que encaminha os raios até a retina, formando uma imagem invertida do objeto a ser focalizado. Em seguida, as células receptoras atuam enviando impulsos nervosos ao nervo óptico que é responsável por enviá-los ao cérebro. Por fim, a imagem que chega ao cérebro é interpretada sendo vista na posição correta e não mais invertida.

⁶⁶Disponível em http://www.ijo.in/viewimage.asp?img=IndianJOphthalmol_2014_62_6_715_136230_f2.jpg

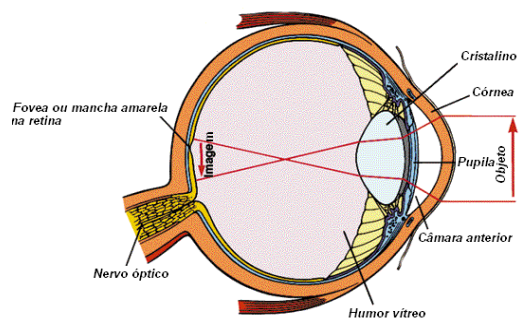


Figura 23: A visão.⁶⁷

Durante a execução de tarefas de leitura e escrita, os olhos se movimentam de forma específica. Pesquisas sobre a movimentação ocular evidenciam o modo como o cérebro opera em determinadas atividades cognitivas.

Estudos sobre a compreensão leitora, por exemplo, tem sido realizados há aproximadamente 40 anos. Rayner (1998) nos primeiros estudos a respeito do processamento da leitura constatou que a movimentação dos olhos é um reflexo dos processos cognitivos do indivíduo. Ademais, verificou também que a dificuldade do processamento influencia o tempo de duração em um dado ponto no decorrer do processo e está relacionada ao nível de complexidade exigido pela tarefa.

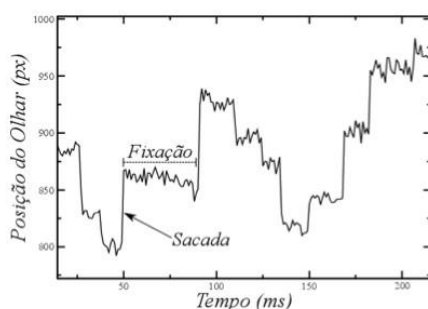
Rayner (1998) apresenta um breve retrospecto acerca dos estudos sobre movimentação ocular em pesquisas cognitivas, dividindo-as em três momentos distintos. O primeiro momento tem início em 1978 com as observações iniciais de Javal no tocante ao papel do movimento do olhar e se estende até o ano de 1920. Javal (1978) na investigação dos movimentos oculares observou que os olhos durante o processo de leitura não percorrem um trajeto linear e contínuo. Durante este período, aspectos básicos relacionados aos movimentos oculares foram observados, tais como: a supressão sacádica, ou seja, o indivíduo não é capaz de perceber a informação durante os movimentos do olhar; a latência da sacada, o tempo que leva para iniciar um movimento ocular, e o tamanho do espaço perceptual (a região da visão efetivamente). O segundo momento passou a ter um foco mais aplicado, porém poucas pesquisas com esta técnica foram desenvolvidas com o propósito de inferir processos cognitivos. Tal momento coincide com o movimento behaviorista na psicologia experimental. O terceiro e último momento tem início em meados da década de 70 e foi marcado por melhorias nos sistemas

⁶⁷ Disponível em www.medonline.com.br/med_ed/med6/download1.htm

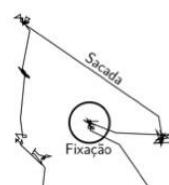
de gravação dos movimentos oculares que possibilitassem a captação de medidas mais precisas e mais facilmente obtidas. Ainda neste momento, obteve-se o desenvolvimento de tecnologias que possibilitaram conjugar o uso de computadores com os sistemas de rastreadores oculares, tornando possível a realização de estudos com grandes quantidades de dados.

Ao longo do processo de leitura, diferentes tipos de movimentos do olhar são realizados e podem ser considerados como parâmetros em pesquisas com a metodologia do rastreamento ocular, principalmente, as sacadas e fixações⁶⁸.

Sacadas e Fixações: definição



Fixação: entrada da
informação



Sacada:
realocação do
olhar

Figura 24: Movimentos oculares: sacadas e fixações⁶⁹.

As sacadas são movimentos rápidos em que o indivíduo parte de um ponto de fixação para outro, como se fossem saltos de um ponto ao outro e que apresentam variação de tempo de 20ms a 40ms. São também denominadas movimentos sacádicos. Tais movimentos são voluntários/reflexivos e balísticos que ocorrem com frequência entre 3 e 4 vezes por segundo com duração entre 10 e 100 milissegundos (Richardson e Spivey, 2004). No processo de leitura, esses movimentos acontecem da esquerda para direita (em

⁶⁸ Outros tipos de movimentos oculares podem ser observados (DUCHOWSKY, 2007), porém, neste trabalho, serão destacados apenas aqueles mais comumente usados, ou seja, as sacadas e fixações, com maior ênfase nas últimas por terem servido de parâmetros nos testes realizados.

⁶⁹ Imagens retiradas do material Rastreamento ocular do curso *Introdução ao método de monitoramento ocular na Psicolinguística* (Ano 2013).

línguas ocidentais em que se escreve e se lê da esquerda para direita e de cima para baixo). As fixações⁷⁰ acontecem entre os movimentos sacádicos quando ocorrem os períodos nos quais o olhar permanece “parado”, fixado em um determinado ponto, podendo durar de 200- 300ms. Em imagens⁷¹, a média das fixações é de, aproximadamente 300ms (RAYNER, 1998). Vale ressaltar que alterações no tempo de fixação podem ocorrer dependendo da complexidade da tarefa a ser realizada (cf. tabela 2).

Tabela 5: Medidas dos tempos médios de duração da fixação em diferentes atividades.

TAREFA	DURAÇÃO DA FIXAÇÃO (ms)
Leitura silenciosa	225
Leitura em voz alta	275
Busca visual ⁷²	275
Percepção de cena	330
Leitura de música	375
Datilografia	400

Tabela adaptada de Rayner (1998).

Em pesquisas psicolinguísticas, as medidas⁷³ do movimento de fixação mais comumente utilizadas são:

- Tempo da primeira fixação (First fixation duration);
- Duração de uma fixação (Single fixation duration);
- Duração da fixação (Gaze duration);

⁷⁰ As fixações geralmente duram entre 40 a 1000 ms com uma média de 250 ms (HABERLANDT, 1994).

⁷¹ Assume-se que em imagens, o tempo necessário para extrair a informação geral da mesma é de 300ms. De acordo com Rayner et al. (2009), a fim de processar informação em cenas visuais, faz-se necessário o tempo de 150ms em cada fixação. Nos testes conduzidos por Underwood et al. (2004) verificou-se que a duração das fixações em imagens eram mais longas nas imagens quando comparadas com as áreas das sentenças.

⁷² Tradução de *visual search*. A busca visual compreende uma busca consciente por um objeto-alvo, definido por uma determinada instrução, no contexto de um conjunto delimitado de objetos que podem ser semelhantes ou não (FORSTER, 2013, p. 79).

⁷³ Medidas de leitura baseadas em palavras. Cumpre ressaltar que além das medidas supracitadas, há também as medidas de leitura baseadas em regiões da frase (cf. FRENCK-MESTRE (2005), RAYNER (2004) e CLIFTON, STAUB & RAYNER (2007).

- Tempo total de fixação (Total fixation duration);
- Número de fixações;
- Dilatação da pupila;
- Tempo do Go-past (Go-past time);
- Regiões não fixadas (Skipping);
- Regressões (dentro e fora) (Regressions - in/out);
- Desenho da trajetória ocular durante a tarefa cognitiva.

Na presente tese, foram utilizadas as medidas de *número de fixações*, *tempo total de fixação* e *trajetória ocular* que serão descritas a seguir:

- **Número de fixações:** medida que representa a quantidade de vezes que o participante fixa uma determinada área de interesse. Se o participante fizer mais de uma fixação na região delimitada, todas as fixações serão consideradas (somadas) a fim de calcular o número de fixações da área de interesse analisada;
- **Tempo total de fixação:** medida que representa a soma das durações de todas as fixações dentro de uma área de interesse, ou seja, contempla todas as leituras dentro de uma dada região. Havendo mais de uma fixação nessas áreas por parte dos indivíduos, todas as fixações serão somadas para que o tempo total de fixação possa ser calculado na área de interesse delimitada;
- **Trajétória do olhar:** consiste nos movimentos oculares de busca, exploração ou observação de uma dada imagem ou cena ao longo do tempo. É composta por uma sequência de fixações e movimentos sacádicos, que informa a maneira como o participante explorou visualmente uma determinada situação visual. As trajetórias do olhar podem acontecer em situações de observação espontânea (quando o participante observa uma cena ou figura sem orientação de uma tarefa pré-estabelecida ou em situações associadas a uma tarefa específica (quando a observação do participante é guiada por uma questão particular ou tarefa/comando). No tocante à trajetória do olhar em constelações gráfico- texto, foco da presente pesquisa, segundo Acarturk (2009), há uma tendência dos participantes olharem primeiro as entidades textuais quando imagens e texto estão dispostos juntos, em outras palavras, a exploração de ilustrações pictóricas são direcionadas/orientadas pelo texto.

Movimentos oculares estão diretamente relacionados a mecanismos atencionais e o registro de tais movimentos é um índice indireto da atividade mental/cognitiva. Ao direcionar o olhar para um determinado ponto/situação, o indivíduo também direciona a sua atenção visual com o intuito de processar informações que são pertinentes aos locais visualizados. A atenção ocorre motivada pelas propriedades intrínsecas dos estímulos visuais, ou seja, propriedades referentes à forma, cor, brilho, textura, dentre outras. Tais propriedades são mais associadas aos processos básicos da cognição e são denominadas propriedades *bottom-up*. Outra motivação para a atenção visual são as propriedades de cunho interpretativo e conceitual, denominadas propriedades *top-down*. Forster (2013) com base em Henderson e Ferreira (2004), ressalta que propriedades intrínsecas de estímulos visuais não são suficientes para fins de previsão dos padrões de movimentação ocular, sendo necessária pois, a interação dessas propriedades com fatores *top-down* a fim de gerar os padrões mencionados. Acarturk (2009) destaca o fato de que as características dos movimentos oculares em uma cena visual são diferentes daquelas pertinentes à leitura. Segundo o autor, não há características direcionais especificadas convencionalmente para o processo de visualização de uma cena (p.58). Ademais, quando o indivíduo precisa dividir sua atenção entre informações oriundas de diferentes modalidades representacionais, a integração da informação decorrente de entidades textuais e pictóricas pode torna-se um processo mais custoso em termos de processamento⁷⁴ (ACARTURK, 2009, p.55).

8.1.2. Os rastreadores oculares

O comportamento decorrente dos movimentos oculares é interpretado como pistas que contribuem para a construção de inferências sobre o processamento mental da linguagem (JUST, CARPENTER, 1980; RAYNER, 1998) e podem ser estudados por meio da utilização de rastreadores oculares.

⁷⁴ [...when observers are required to split their attention between sources of information in different representational modalities, such as a diagram-text constellation that has a separate layout of the diagram layer and the text layer, the integration of information induced by depictive and textual entities results in high *cognitive load*, compared to a multimodal constellation where textual information and depictive entities are presented with an integrated, rather than separate layout...] grifo do autor (ACARTURK, 2009, p.55).

Rastreadores oculares são câmeras de vídeo capazes de gravar diferentes tipos de movimento de olhar (sacadas e fixações, por exemplo). A gravação acontece por meio do uso de uma câmera e um emissor de luz infravermelha. Quando a luz reflete nas córneas, é possível identificar as coordenadas espaciais e localizar os movimentos sacádicos e as fixações ao longo de todo o processo de rastreamento. As câmeras são geralmente acopladas às telas de computadores nas quais estímulos experimentais são projetados nos testes cognitivos. Por meio desses equipamentos, é possível capturar a movimentação do olhar em tempo real.

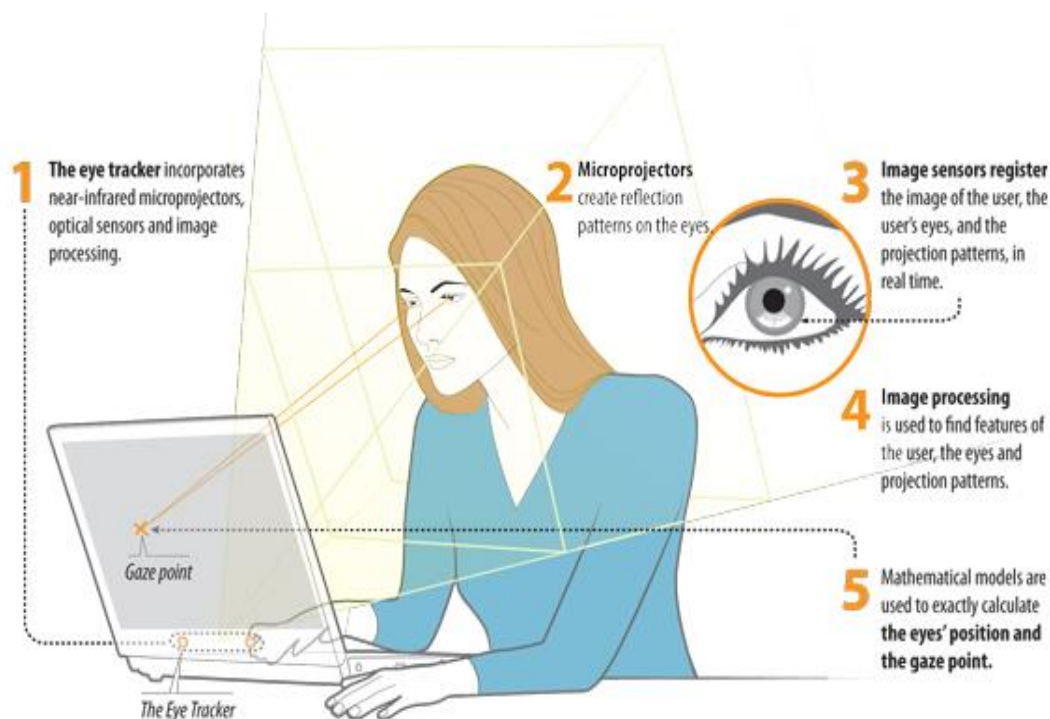


Figura 25: O funcionamento de um rastreador ocular.⁷⁵

Antes da realização dos testes, há a etapa de calibração. Durante esta fase, o indivíduo participante do experimento deverá fixar em determinados pontos (pontos de calibração) da tela do computador. Neste momento, o sistema irá coletar e analisar as posições do olhar captadas na tela. São apresentados de 3 a 9 pontos de calibração em um

⁷⁵ 1. O rastreador ocular integra microprojetores infravermelhos, sensores ópticos e processador de imagem; 2. Microprojetores criam padrões de reflexo nos olhos; 3. Sensores de imagem registram a imagem do usuário, seus olhos e os padrões de projeção em tempo real; 4. O processador de imagem é usado para encontrar as características dos usuários, seus olhos e padrões de projeção; 5. Modelos matemáticos são usados para calcular de forma precisa a posição dos olhos e o ponto de fixação. Disponível em: <http://www.tobii.com/en/about-tobii/what-is-eye-tracking/>

fundo monocromático. Um círculo deslizará na tela parando em cada ponto de calibração e o participante deverá acompanhar o movimento do ponto.

Para cálculos de medidas de movimentação ocular, faz-se necessário definir regiões de interesse nos estímulos a serem apresentados. As regiões de interesse, também denominadas, AOI (*area of interest*) são delimitadas para que a movimentação do olhar possa ser observada e analisada considerando-se os parâmetros estabelecidos para cada experimento.

A figura 26 ilustra um dos estímulos utilizados na presente pesquisa. Observa-se que o estímulo é composto por uma sentença e um gráfico. Cada área colorida corresponde a uma área de interesse. Percebe-se que há duas grandes áreas de interesse: **FRASE** e **GRÁFICO**. Além de áreas de interesse, também pode haver a delimitação de subáreas, ou seja, a marcação de áreas menores dentro de uma área de interesse maior (cf. figura 27).

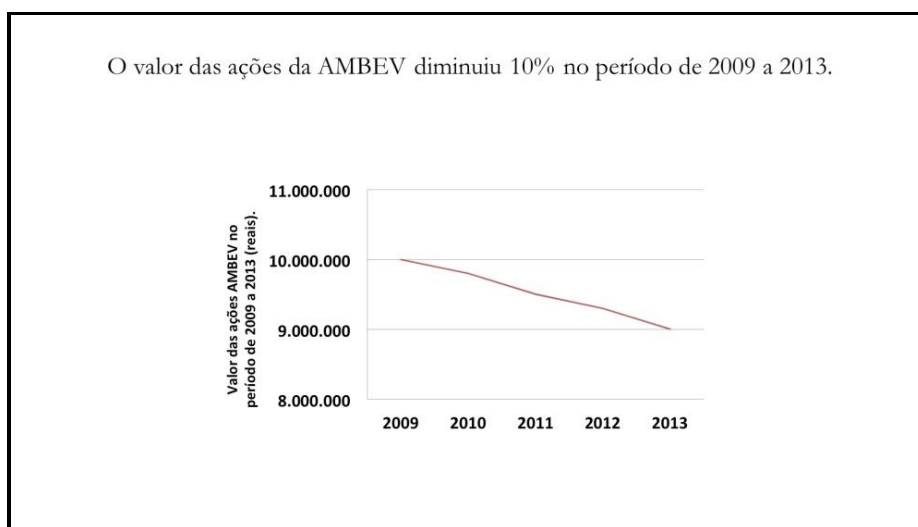


Figura 26: Exemplo de estímulo – gráfico de linha

Na figura 27, as áreas de cor lilás e verde correspondem às duas grandes áreas de interesse que são compostas por quatro sub-áreas cada. A área FRASE é composta pelas sub-áreas **FARG1** (nome), **FARG2** (percentual), **verbo** (predicador) e **FARG3** (informação temporal). No tocante à área do GRÁFICO, as sub-áreas são **GARG1** (nome- eixo y), **GARG2** (área que compreende a linha e o eixo x), **linha** (predicador) e **GARG3** (informação temporal- eixo x)

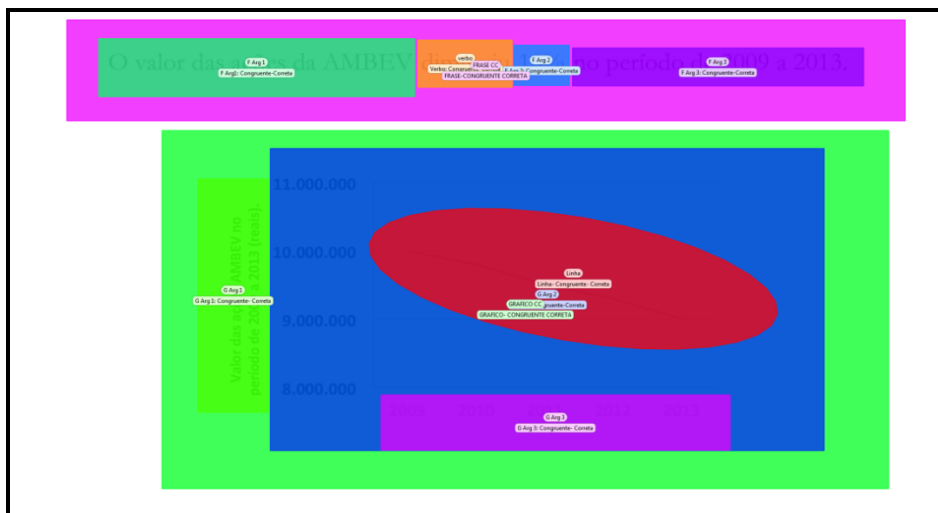


Figura 27: Áreas e subáreas de interesse de um dado estímulo em um experimento de rastreador ocular.

Considerando nosso objeto de pesquisa, os rastreadores oculares também podem ser úteis para estudos acerca do “caminho de leitura” (*reading path*), principalmente a fim de investigar como objetos multimodais são lidos e interpretados.

Segundo Kress (2010, p.176), *reading path* é o “percurso de interesse, atenção, engajamento, prontidão e enquadramento” que o leitor utiliza para interagir com o texto quando do processo de leitura. Em textos impressos, por exemplo, em determinadas culturas, o percurso tradicional da leitura de um texto é lê-lo da esquerda para direita ou vice versa. O inverso também pode ocorrer dependendo da cultura na qual o indivíduo encontra-se inserido. Para Kress (2008), o caminho da leitura é determinado por um conjunto de normas culturalmente construídas. Em ambientes digitais, o caminho da leitura é, em sua maioria, escolha do leitor, que motivado por seus objetivos de leitura e guiado por pistas modais, constrói ser próprio percurso, podendo ser este diferente daquele de quem o escreveu ou dos demais leitores. Com isso, padrões distintos de leitura são estabelecidos.

No tocante ao caminho de leitura de gráficos, por exemplo, espera-se uma leitura não linear, diferente do que pode ocorrer quando da leitura de uma sentença. Os indivíduos podem também não iniciar sua leitura a partir do lado esquerdo da imagem, mas de quaisquer outros pontos referentes ao gráfico apresentado.

Por fim, a metodologia do monitoramento ocular contribui de forma valiosa para estudos nas áreas da Psicolinguística e Psicologia Cognitiva na medida em que, dentre outros aspectos, auxilia na investigação de processos mentais não conscientes, na

caracterização da língua interna dos falantes, ou seja, o conhecimento linguístico, fornecendo evidências acerca das regularidades no comportamento relacionado ao processamento da informação e contribui para o mapeamento dos processos cognitivos envolvidos em diferentes tarefas de leitura e compreensão.

8.2.

O experimento de rastreamento ocular

O objetivo principal desse experimento é averiguar, por meio da técnica de rastreamento ocular, como se dá o mapeamento visual entre informação linguística e informação gráfica, o processo de compreensão multimodal. Ademais, busca-se verificar se a informação linguística influencia o leitor em termos de expectativas em relação às informações codificadas visualmente nesses gráficos.

Por meio das perguntas relacionadas abaixo, busca-se responder às questões apresentadas.

- Há diferenças, em termos do número de fixações e duração total das fixações, entre as condições experimentais ao se analisar as duas grandes áreas frase/gráfico?

- As condições em que os gráficos são incongruentes e/ou incorretos em relação ao que é expresso nas frases apresentam mais fixações e tempos maiores, além de menores índices de acerto do que as demais condições?

- Como é a trajetória dos movimentos oculares dos participantes nas grandes áreas frase/gráfico na tarefa experimental proposta?

- A análise dos movimentos oculares nas subáreas, em especial das que correspondem ao predicador da proposição (verbo e linha), permite verificar diferenças de custo de processamento entre as condições?

- Há uma relação entre o que se verifica em termos de movimentos oculares e as respostas off-line de índice de acerto?

Conforme apontamos na introdução desse trabalho, partimos da hipótese de que as diferentes formas de expressão de informação compartilham uma representação

proposicional semelhante – uma relação entre predicador e argumentos é possível de ser expressa tanto por uma sentença quanto por um gráfico, conforme os esquemas que seguem:

Sentença: arg 1 (sujeito) predicador (verbo) arg 2 (complemento verbal) arg. 3 (adjunto temporal)⁷⁶

O número de internautas no Brasil com acesso à internet aumentou 15% entre 2007 e 2009.

Arg 1

predicador Arg2

Arg3

Gráfico: arg. 1 (síntagma no eixo y) predicador (linha) arg 2 (cálculo a partir de dados do eixo x e y) arg 3 (eixo x)

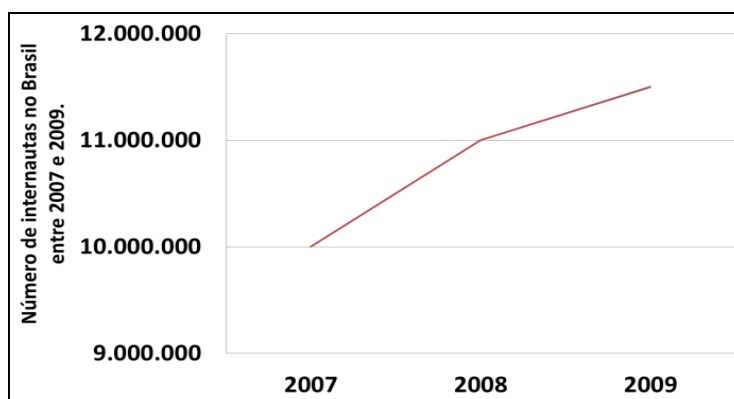


Figura 28: argumentos e predicador- gráfico de linha

As **variáveis independentes** são as mesmas manipuladas no experimento com gráficos de linha, reportado no capítulo anterior:

- 1) Congruência – no intuito de averiguar a relação existente entre a informação linguística e visual (congruência x incongruência);
- 2) Correção – com o propósito de verificar a correção das informações visuais em relação às informações linguísticas (correção x incorreção).

⁷⁶ O termo argumento também é utilizado neste trabalho para se referir ao adjunto adverbial temporal, embora a relação semântico-sintática entre este e o predicador verbal seja distinta da existente entre o predicador e os outros elementos da sentença.

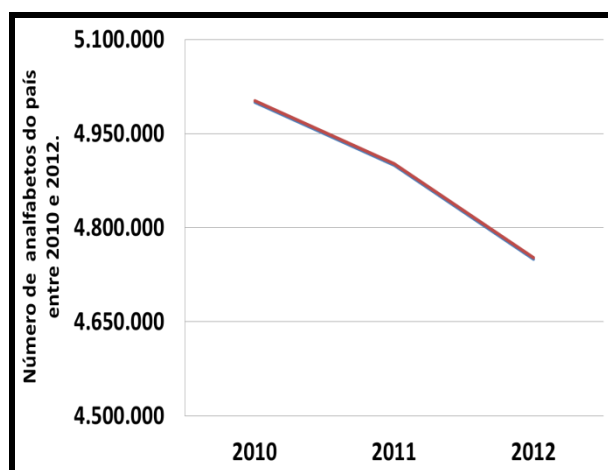
O design experimental 2x2 e as 4 (quatro) condições experimentais abaixo listadas foram as mesmas do experimento com gráficos de linha realizado com o programa *psyscope*. Para facilitar a leitura, optamos por reapresentar as condições, agora acompanhadas de novos exemplos de pares frase/gráfico. Ao lado de cada exemplo, repetimos como o gráfico foi composto para cada condição:

As **variáveis dependentes**⁷⁷ são apresentadas, a seguir:

- 1) Índice de acerto;
- 2) Número de fixações;
- 3) Tempo total de duração das fixações

➤ **Condição 1- informação visual congruente e correta em relação à frase**

Ex: *O número de analfabetos do país diminuiu 5% entre 2010 e 2012.*



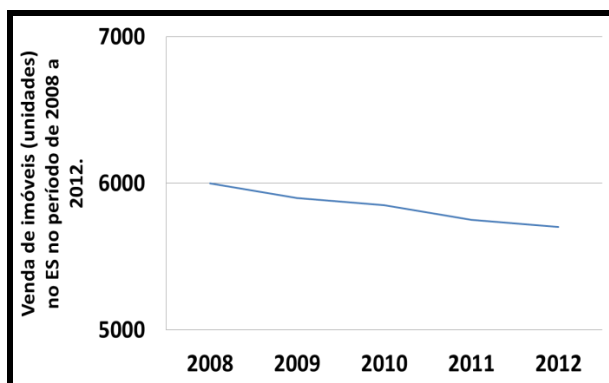
Linha congruente com a representação conceitual do predicador (verbo aumentar) e informação temporal no eixo x apresentada em ordem crescente.

Figura 29: gráfico de linha – condição CC

➤ **Condição 2-informação visual congruente e incorreta em relação à frase**

Ex: *As vendas de imóveis no ES caíram 5% no período de 2008 a 2012.*

⁷⁷ Dados relativos à primeira fixação foram obtidos, porém não se mostraram informativos para a presente pesquisa. No entanto, vale ressaltar que, em trabalhos futuros, esta pode ser uma variável a ser considerada visto que, pelo menos no que tange à leitura de textos, é informativa sobre processos de natureza automática.

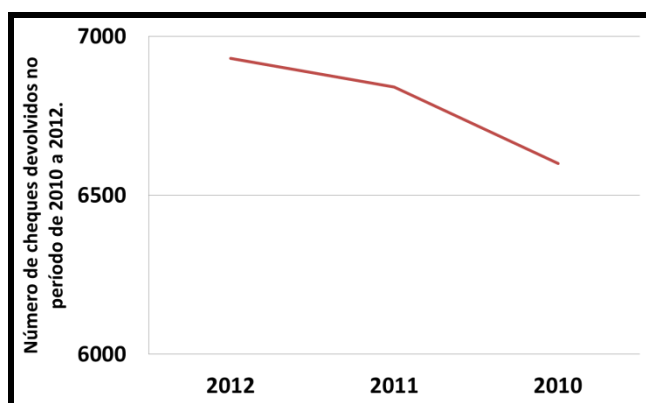


Linha congruente com a representação conceitual do predicador (verbo recuar) e informação temporal no eixo x apresentada em ordem decrescente.

Figura 30: gráfico de linha- condição CI

➤ **Condição 3- informação visual incongruente e correta em relação à frase**

Ex: *O número de cheques devolvidos aumentou 5% no período de 2010 a 2012.*

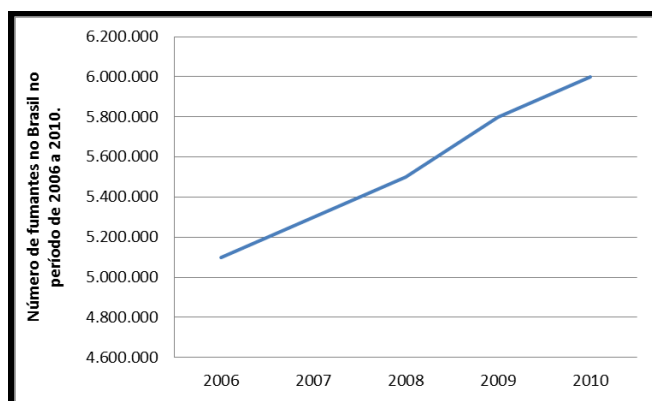


Linha incongruente com a representação conceitual do predicador (verbo aumentar) e informação temporal no eixo x apresentada em ordem decrescente.

Figura 31: gráfico de linha- condição IC

➤ **Condição 4 -informação visual incongruente e incorreta em relação à frase**

Ex: *O número de fumantes do país diminuiu 15% no período de 2006 a 2008.*



Linha incongruente com a representação conceitual do predicador (verbo crescer) e informação temporal no eixo x apresentada em ordem crescente.

Figura 32: gráfico de linha- condição II

Participantes

O experimento foi aplicado a 60 alunos⁷⁸ (21 mulheres e 39 homens) de diferentes cursos de graduação em Engenharia de uma instituição de ensino particular localizada na zona sul do estado do Rio de Janeiro. Por problemas ocorridos na etapa de calibração, 1 participante foi descartado, totalizando 59 indivíduos que efetivamente realizaram o experimento.

Material

Foram construídos 24 pares sentença/gráfico, sendo 6 por condição, com a utilização de 24 distratores, dos quais 12 são formados por gráficos de coluna e 12, por gráficos de pizza. Desses itens distratores, metade de cada tipo era composta por gráficos que expressavam corretamente o conteúdo. A outra metade representava a informação de forma incorreta. Além desses, foram criados 3 pares de estímulos para fins de treinamento. As sentenças assim como os gráficos foram dispostas em slides (formato ppt). Foram criados, ao todo, 51 slides para este experimento. Para que os slides ocupassem a tela inteira do computador utilizado para o experimento, foi necessário alterar suas configurações originais, fazendo com que os mesmos aumentassem suas dimensões e consequentemente obtivessem uma melhor resolução das sentenças e gráficos apresentados (50.8 cm de largura e 28.57 cm de altura). Houve um cuidado na elaboração dos estímulos linguísticos a fim de facilitar a captura dos dados do rastreamento ocular no âmbito das sentenças. Primeiramente, procurou-se mantê-las em uma linha somente. Foram utilizados espaçamento de 3,0 cm entre os argumentos e fonte garamond 40. Tal fonte foi escolhida com base no trabalho com este paradigma experimental desenvolvido por Luegi (2009), no qual a mesma fonte foi utilizada por apresentar condições mais adequadas de perceptibilidade e legibilidade verificadas após a aplicação de inúmeros pré-testes. No âmbito dos gráficos, procurou-se colocar apenas de 3 a 5 elementos nos eixos x e y. Para melhor visualização desses estímulos especificamente, os slides em *power point* foram salvos no formato jpeg para, posteriormente, serem inseridos no *eye tracker*.

⁷⁸ Desses 60 alunos, foram analisados dados de 29 participantes (6 mulheres e 23 homens).

Todas as sentenças experimentais apresentavam 3 argumentos e um predicador, a saber: (a) sujeito da sentença, (b) complemento verbal e (c) adjunto temporal.

Exemplo:

1) **O número de internautas no Brasil** (ARG1) com acesso à internet **aumentou** (PREDICADOR) **15%** (ARG2) **entre 2007 e 2009** (ARG3).

Para compor as frases, nos baseamos em notícias de jornal e da internet e fizemos adaptações. Em função disso, não foi possível manter, para cada frase, o mesmo número de palavras bem como controlar o número de caracteres de cada palavra (em especial no caso do ARG1). Nossas tentativas iniciais resultavam em frases pouco naturais, que poderiam gerar estranhamento particularmente em relação ao conteúdo expresso. Assim, embora cientes das implicações dessa decisão para a análise dos resultados de rastreamento ocular, optamos por manter a naturalidade das frases e usamos um recurso de calcular o número de fixações e a duração das fixações em função do número de caracteres dos itens examinados, conforme será apresentado na seção dos resultados.

Da mesma forma que as sentenças, os gráficos correspondentes também apresentavam três argumentos e um predicador.

Aparato

Neste experimento foi utilizado o *eye tracker* modelo Tobii TX-300, com resolução temporal de 3ms, acoplado a uma tela de 1920 x 1080 px, e o programa Tobii Studio, por meio do qual os estímulos foram apresentados. Este *software* também é responsável pelo processo de calibração, coleta e análise dos dados obtidos. É um aparato composto por um monitor com um sistema infravermelho embutido cuja função é detectar a posição, o movimento e o tempo de permanência do olhar com precisão em um dado ponto na tela. Possui câmera e microfone os quais permitem gravação das reações dos indivíduos aos estímulos, assim como a reprodução de sons. Diferentemente de alguns modelos de rastreadores oculares, não há necessidade de utilização de equipamentos outros por parte dos indivíduos, como capacete ou aparador de queixo, por exemplo, o que acarreta um maior conforto aos participantes, mantendo a liberdade de movimentos dos participantes e a precisão dos dados referentes à captação dos movimentos oculares durante a realização do experimento.

Procedimentos

Os participantes foram testados de forma individual no LAPAL- Laboratório de Psicolinguística e Aquisição da Linguagem, localizado na PUC-Rio e vinculado ao Departamento de Letras. Os voluntários foram informados de que iriam participar de uma atividade de leitura e que informações sobre a movimentação do seu olhar seriam capturadas por meio de um equipamento que se encontrava em uma cabine acústica. Antes da realização do experimento, foi realizada a etapa de calibração. Tal etapa contou com o auxílio do experimentador. Durante este procedimento, o voluntário deveria fixar seu olhar em pontos diferentes localizados na tela do computador. A partir da representação gráfica do alinhamento estimado entre os pontos apresentados na tela e o direcionamento do olhar do participante fornecida pelo programa, era possível perceber se havia ocorrido um alinhamento ou não do olhar e do ponto e, a partir disso, recalibrar quando necessário. Em seguida, o participante era orientado, pelo experimentador, acerca da tarefa a ser realizada, chamando atenção para o cuidado na leitura das instruções da atividade. A sessão teve início com o participante lendo as instruções do experimento e fazendo o treino composto por 3 estímulos. Passada a fase de treinamento, iniciou-se o experimento efetivamente. Os voluntários visualizavam slides compostos por sentenças e gráficos e falavam em voz alta se a informação apresentada no formato linguístico era a mesma apresentada no formato visual, dizendo **SIM** ou **NÃO**. Os estímulos experimentais eram apresentados na tela durante 15 segundos. Após esse tempo, apresentava-se um slide com uma estrela no centro com duração de 2 segundos. Ao aparecer tal slide, os voluntários deveriam falar a resposta. Todas as respostas eram gravadas pelo programa. A duração de cada sessão experimental foi de um pouco mais de 15 minutos. Ressalta-se que os participantes não tinham controle sobre o tempo de realização da tarefa uma vez que o mesmo foi estabelecido automaticamente quando da elaboração do experimento no rastreador ocular.

Resultados

Para fins de análise dos dados, foram considerados os participantes cuja precisão na captação do olhar por parte do equipamento foi maior que 90%. Sendo assim, serão analisados dados de 29 participantes. Inicialmente serão reportados os resultados relativos a índice de acerto e, em seguida, os dados relativos aos movimentos oculares.

Índice de acerto

No tocante à variável **índice de acerto**, também foi utilizado o teste de Friedman para análise estatística dos resultados. O valor obtido foi significativo ($p=0,000133857$) e o teste de comparações múltiplas revelou serem significativas as diferenças entre as condições CI-IC e IC-II.

Segue o resultado gerado pelo programa estatístico Action:

<i>Informação</i>	<i>Valor</i>
Friedman qui-quadrado	20,49746193
Graus de Liberdade	3
P-valor	0,000133857

<i>Comparações Múltiplas</i>			
<i>Fatores Comparados</i>	<i>Diferença Observada</i>	<i>Diferença Crítica</i>	<i>Diferença</i>
CC – CI	7	25,93914	Não
CC – IC	20	25,93914	Não
CC – II	15	25,93914	Não
CI – IC	27	25,93914	Sim
CI – II	8	25,93914	Não
IC – II	35	25,93914	Sim

Figura 33: Tabelas de resultados do teste de Friedman geradas pelo programa Action – rastreador ocular

Segue o gráfico relativo às médias pertinentes ao índice de acerto por condição experimental:

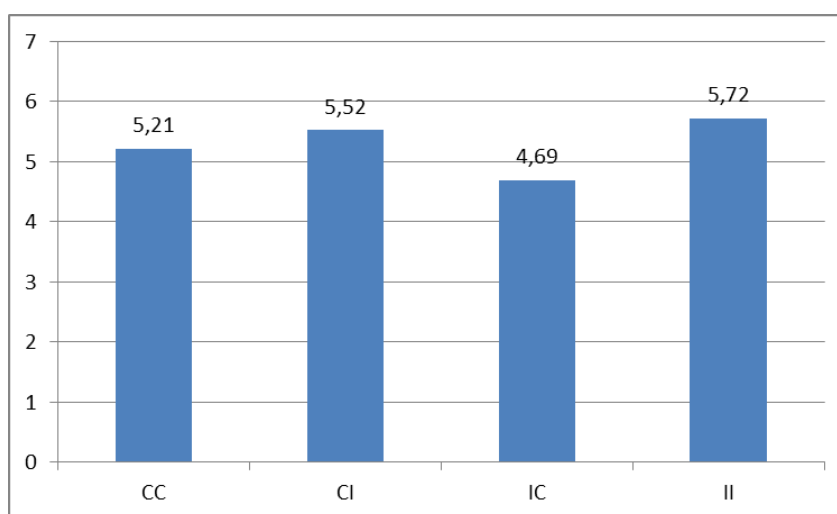


Gráfico 7: Média de índice de acerto por condição no experimento de rastreamento ocular.

O índice de acerto foi maior na condição II, mas esta se diferencia estatisticamente apenas da condição IC, que, por sua vez, apresentou menor taxa de acerto.

Em relação ao resultado da comparação entre pares, é importante notar que apenas entre as condições incongruentes (IC e II), o fator correção teve relevância; não foi significativa a diferença entre as condições CC e CI, ambas congruentes.

Quanto a congruência, não se observa efeito dessa variável nem entre as condições corretas (CC e IC) nem entre as condições incorretas (CI e II).

Quanto à diferença entre as condições CI e IC, pode-se conjecturar que incongruência parece ter mais peso que correção. Conforme já apontado no experimento anterior, a condição IC era a que apresentava gráficos que fugiam ao padrão em dois aspectos – tanto quanto à posição da linha quanto à ordem de apresentação do eixo temporal (decrecente). Logo, é possível que nessa condição alguns participantes tenham observado apenas a informação relativa à linha (incongruente em relação ao verbo) e tenham dito que o gráfico não combinava com a frase, quando, na verdade, uma análise mais fina do eixo y revelaria que havia correspondência entre informação linguística e visual.

Movimentos oculares

Nesta seção, serão reportados os resultados referentes aos movimentos oculares. Primeiramente, serão apresentados os resultados relacionados às duas grandes áreas de interesse: GRÁFICO e FRASE. Em seguida, serão reportados resultados obtidos nas subáreas referentes ao predador (linha e verbo).

No tocante aos dados relativos às duas grandes áreas de interesse: área referente à informação linguística (FRASE) e área referente à informação visual (GRÁFICO), serão reportados resultados relacionados ao *número de fixações* em cada área e ao *tempo total de duração das mesmas*. Os dados foram submetidos a uma análise de variância ANOVA (2 within subject factors). O mesmo procedimento será adotado quando da análise dos dados pertinentes às subáreas.

Área do gráfico

Para a área do gráfico, observou-se um efeito principal da **variável correção** para *número de fixações*: $F(1,28) = 34,5$ $p < 0,000003$.

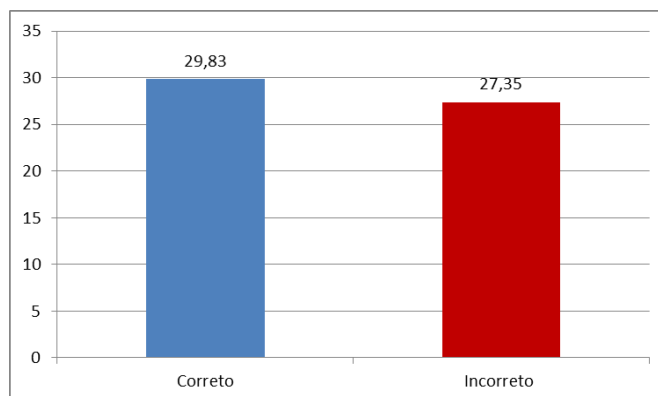


Gráfico 8: Média do número de fixações na área do Gráfico em função da variável correção.

Não houve efeito principal de congruência, nem efeito de interação entre as duas variáveis. O gráfico a seguir apresenta as médias referentes ao *número de fixações* por condição experimental:

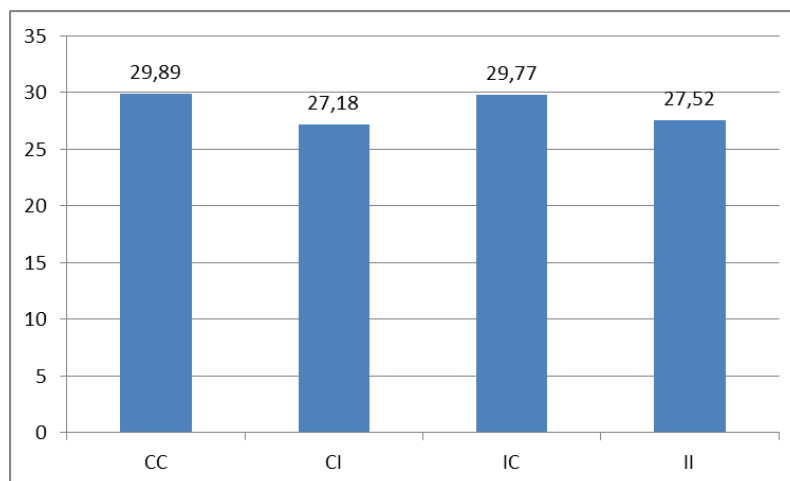


Gráfico 9: Média do número de fixações na área do Gráfico por condição experimental.

Na comparação entre os pares, os resultados foram os seguintes:

[Congruente_Correto] vs [Congruente_Incorreto] $t(28) = 4,68$ **$p = 0,0001$**
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Correto] $t(28) = 0,21$ $p = 0,8374$
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28) = 4,23$ **$p = 0,0002$**
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Correto] $t(28) = 4,53$ **$p = 0,0001$**
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28) = 0,59$ $p = 0,5619$
 [Incongruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28) = 3,60$ **$p = 0,0012$**

O efeito principal de correção é evidenciado na comparação entre pares. Tanto para as condições congruentes (CC vs. CI) quanto para as condições incongruentes (IC vs. II), a diferença entre correto e incorreto resultou em diferenças significativas. Contrariando as expectativas, maior número de fixações ocorreu nas condições corretas. Observa-se que nas condições corretas (CC e IC), a diferença das médias foi pequena, o que evidencia que o fator congruência parece não afetar tais condições quando da análise estatística. Semelhante ao ocorrido com as condições corretas, também não foi significativa a diferença entre os pares incorretos (CI e II).

Uma diferença também relevante se observa entre as condições CC e II. Nesse caso, é interessante observar que há um menor número de fixações exatamente no gráfico da condição em que tudo diverge da frase. Talvez nessa condição não tenha sido necessário examinar todos os detalhes do gráfico para fazer a avaliação da compatibilidade deste com a frase.

Em relação ao *tempo total de duração das fixações*, semelhante ao observado para número de fixações, houve efeito principal apenas de correção: $F(1,28)=59,8$ $p<0,000001$. Não foi verificado efeito de interação.

O gráfico a seguir ilustra a diferença entre as condições corretas e incorretas:

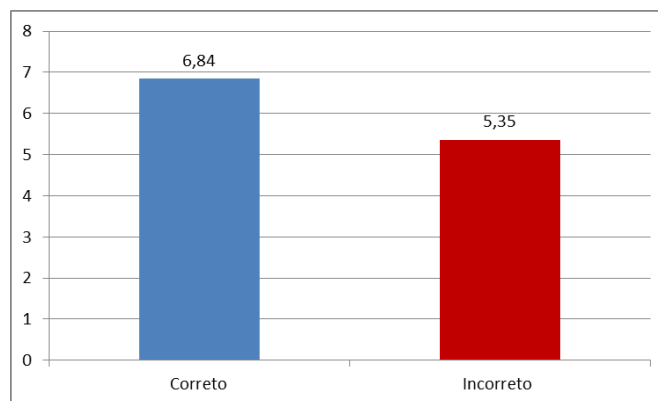


Gráfico 10: Média do tempo total de fixações na área do Gráfico em função da variável correção.

As médias relativas ao tempo total de fixações na área do gráfico, por condição experimental, são apresentadas a seguir:

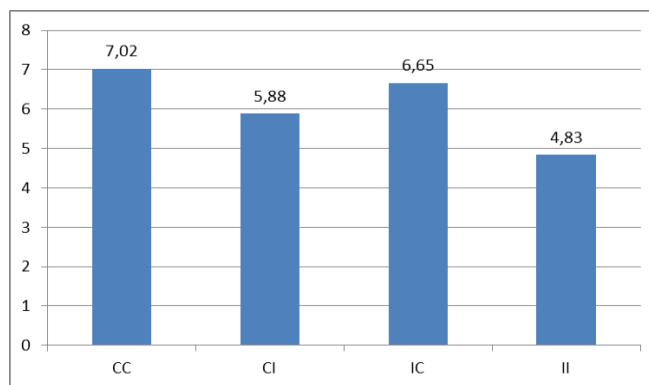


Gráfico 11: Média do tempo total de fixações na área do Gráfico por condição experimental

Na comparação entre os pares, os resultados foram os seguintes:

[Congruente_Correto] vs [Congruente_Incorreto] $t(28) = 6,71$ $p = 0,0001$
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Correto] $t(28) = 0,99$ $p = 0,3317$
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28) = 6,40$ $p = 0,0001$
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Correto] $t(28) = 6,65$ $p = 0,0001$
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28) = 0,84$ $p = 0,4072$
 [Incongruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28) = 5,34$ $p = 0,0001$

Em relação ao tempo total de duração das fixações, o fator correção mostrou-se estatisticamente significativo nas condições congruentes (CC e CI) e incongruentes (IC e II). Como aconteceu com a variável número de fixações, maior tempo de duração das mesmas foi observado nas condições corretas.

Outro resultado relevante a ser destacado é a diferença entre as condições CC e II. Enquanto CC apresenta os tempos maiores relativos à duração total das fixações, II apresenta os menores tempos. Logo, é bem provável, como conjecturamos acima, que no caso de II o participante realize uma análise mais rápida para chegar à resposta sobre a compatibilidade frase/gráfico.

Área da frase

Conforme foi observado na introdução deste capítulo, as frases apresentavam variação relativa ao número de palavras e as palavras também não possuíam o mesmo número de caracteres. Logo, para evitar eventuais desvios decorrentes desses fatores no cálculo do número de fixações e de tempo total de duração das fixações, adotou-se o recurso de dividir as duas medidas pelo número de caracteres em cada sentença, contabilizando-se os espaços.

Em relação à **área da frase**, foi verificado efeito principal da variável correção - $F(1,28) = 48,9$ $p < 0,00000$ para *número de fixações*, com resultado na direção contrária ao que foi verificado para a área do gráfico: as condições corretas tiveram um menor número de fixações do que as condições incorretas.

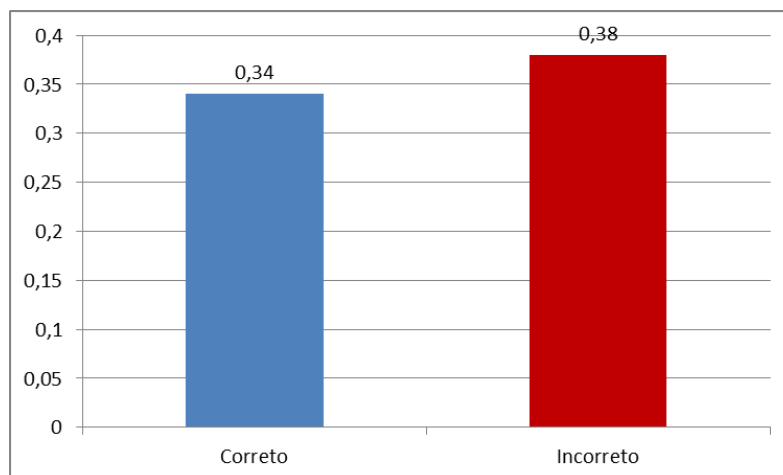


Gráfico 12: Média do número de fixações por caracter na área da Frase em função da variável correção.

Houve efeito de interação entre congruência e correção para *número de fixações* – $F(1,28) = 25,6$ $p < 0,000024$.

O gráfico a seguir apresenta as médias relativas ao *número de fixações* para a área da frase, por condição experimental.

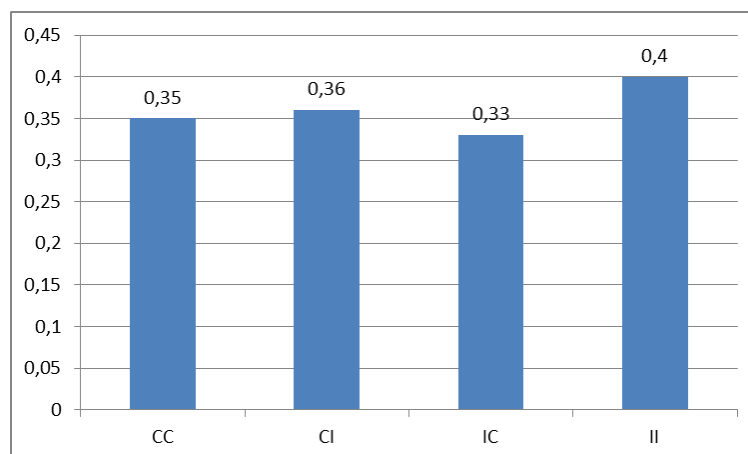


Gráfico 13: Média do número de fixações por caracter na área da Frase por condição experimental.

Quanto à comparação entre pares, para *número de fixações*, obtiveram-se os seguintes resultados:

[Congruente_Correto] vs [Congruente_Incorreto] $t(28)=1,47$ $p=0,1520$
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Correto] $t(28)=3,46$ **$p=0,0017$**
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=6,55$ **$p=0,0001$**
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Correto] $t(28)=3,86$ **$p=0,0006$**
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=3,70$ **$p=0,0009$**
 [Incongruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=7,83$ **$p=0,0001$**

Todas as comparações foram significativas, com exceção dos pares CC e CI. Em relação ao fator correção, este mostrou-se significativo estatisticamente apenas entre o pares incongruentes ($p=0,0001$).

Quanto à congruência, embora não tenha havido efeito principal dessa variável, verifica-se que este fator afeta tanto os pares em que o gráfico é correto – CC vs IC ($p=0,0017$) quanto aqueles em que o gráfico é incorreto- CI vs II ($p=0,0009$)

A condição incongruente incorreto diferencia-se de todas as demais, sendo a que apresenta número mais alto de fixações. Esse dado é interessante quando comparado ao que se verificou para os gráficos, que, nessa condição, apresentaram um número baixo de fixações em comparação a outras condições experimentais.

Efeito principal de correção também foi observado para *tempo total de duração das fixações*: $F(1,28)= 87,1$ $P<0,000001$, tendo as condições corretas apresentado menores tempos do que as incorretas. Não houve efeito principal da variável congruência e nem de interação.

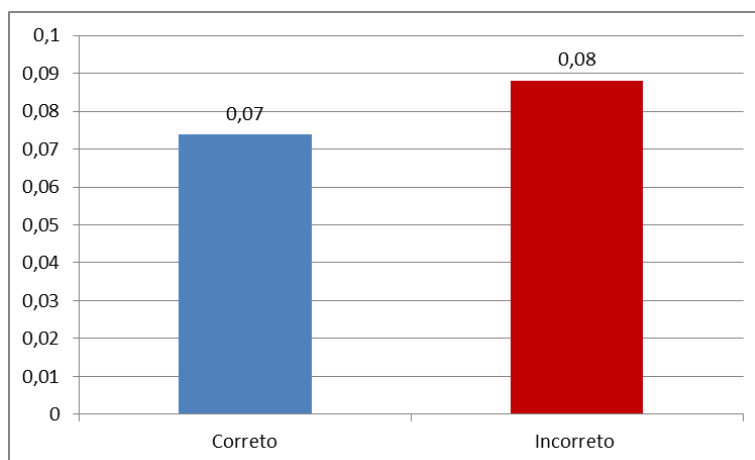


Gráfico 14: Média do tempo total de fixações por caractere na área da frase em função da variável correção.

O gráfico a seguir apresenta as médias referentes ao tempo total de fixações por caracter na área da frase por condição experimental:

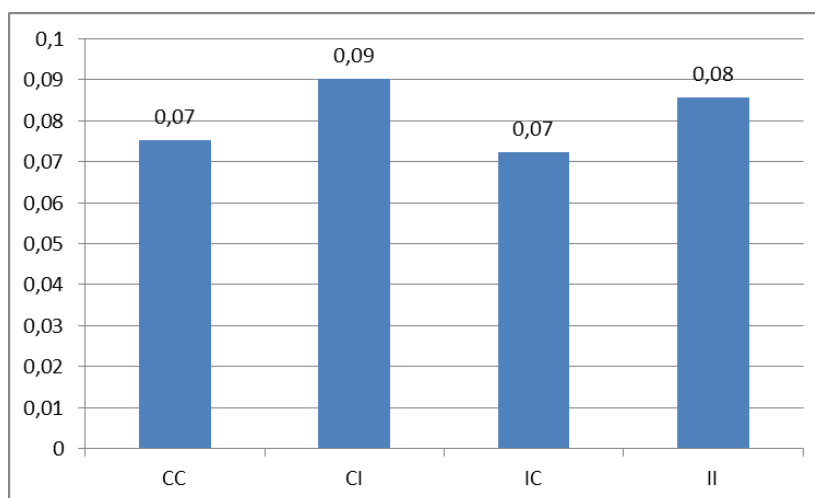


Gráfico 15: Média do tempo total de fixações por caracter na área da Frase por condição experimental

Para o *tempo total de duração das fixações*, foram obtidos os seguintes resultados na comparação entre pares:

[Congruente_Correto] vs [Congruente_Incorreto] $t(28)=7,74$ **$p=0,0001$**
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Correto] $t(28)=1,79$ $p=0,0846$
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=5,68$ **$p=0,0001$**
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Correto] $t(28)=7,91$ **$p=0,0001$**
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=1,95$ $p=0,0618$
 [Incongruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=5,72$ **$p=0,0001$**

O exame dos pares indica que o efeito de correção se observa tanto entre as condições congruentes (CC vs. CI) quanto entre as condições incongruentes (IC vs. II), como esperado. Em relação a congruência, este fator não afeta as condições corretas nem as incorretas. A condição congruente incorreto (CI), que apresenta tempo total de duração das fixações mais alto, diferencia-se de todas as demais condições. Uma diferença significativa se observa, ainda, entre as condições CC e II, com a primeira apresentando tempos menores do que a segunda. Aqui, mais uma vez verifica-se resultados para a área da frase que vão na direção contrária ao que foi verificado para a área do gráfico, em que CC teve tempos significativamente mais altos que II.

A fim de facilitar a retomada do que foi reportado nesta subseção, sintetizamos, nas tabelas abaixo, os dados e resultados relevantes. A tabela a seguir apresenta os dados

relativos às médias verificadas para as variáveis dependentes, por condição experimental, para as áreas da frase e do gráfico.

		ÍNDICE DE ACERTO	NÚMERO DE FIXAÇÕES	TEMPO TOTAL DE FIXAÇÕES
CC	Frase	5,20	0,35	0,07
	Gráfico		29,89	7,02
CI	Frase	5,51	0,36	0,09
	Gráfico		27,18	5,88
IC	Frase	4,68	0,33	0,07
	Gráfico		29,77	6,65
II	Frase	5,72	0,40	0,08
	Gráfico		27,52	4,83

Tabela 6: Dados referentes às variáveis dependentes nas áreas FRASE e GRÁFICO por condição experimental

Na tabela abaixo, apresenta-se um resumo dos resultados referentes às variáveis dependentes *número e tempo total de fixações* em cada grande área de interesse:

Variáveis dependentes/ Efeitos		Congruência	Correção	Interação
Número de fixações	Frase		x	x
	Gráfico		x	
Tempo total de duração das fixações	Frase		x	
	Gráfico		x	

Tabela 7: Efeitos das variáveis independentes nas áreas FRASE e GRÁFICO.

Subáreas do gráfico e da frase

A seguir, apresentam-se os resultados referentes ao *número de fixações* e *tempo total de fixações* relacionados às subáreas do GRÁFICO e FRASE, respectivamente.

Ao analisarmos cada subárea por condição experimental, verifica-se que o maior número de fixações em GArg1 ocorreu nas condições incorretas (II e CI). GArg2 apresentou maior número de fixações em todas as condições provavelmente pelo fato de que tal área englobava GArg3 e o predicador (linha), o que acarretou uma maior extensão

nessa área e consequentemente um valor maior nas variáveis analisadas. Nas condições corretas (CC e IC), o predador (linha) foi o elemento que apresentou maior média do número de fixações, desconsiderando GArg2. Entre as condições incorretas (CI e II) houve divergências, uma vez que na condição CI, GArg3 e o predador (linha) foram as áreas que apresentaram maior número de fixações, enquanto que GArg1 teve maior destaque na condição II.

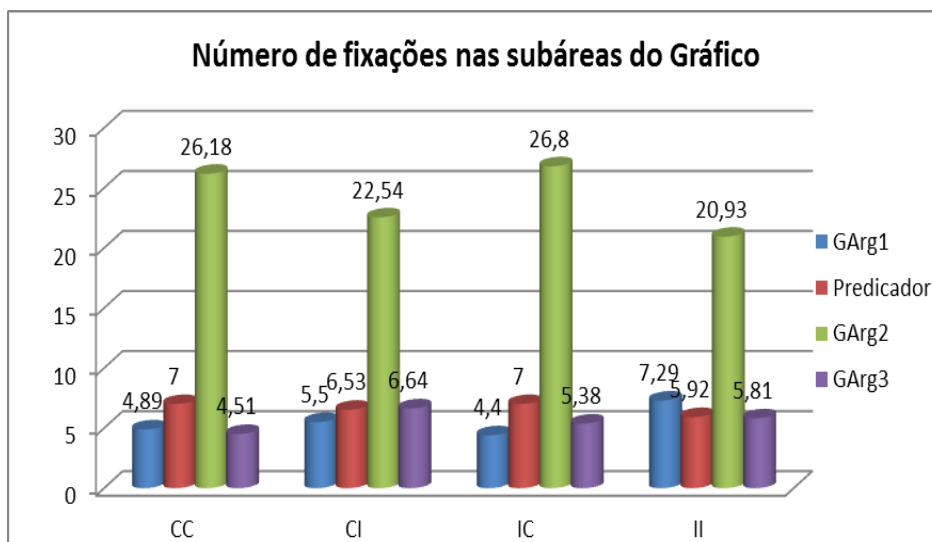


Gráfico 16: Média do número de fixações nas subáreas relativas à área do GRÁFICO.

No que tange ao *tempo total de fixações* nas subáreas referentes ao gráfico, GArg2 foi a área que demandou maior tempo de fixações em todas as condições, provavelmente pelos mesmos motivos já expostos anteriormente quando do número de fixações. Desconsiderando GArg2, maior tempo de fixações em GArg1 foi observado somente na condição II. Nas demais, maior tempo foi observado no predador (linha). Maior tempo foi destinado a GArg3 quando este apresentava-se nas condições incorretas (CI e II).

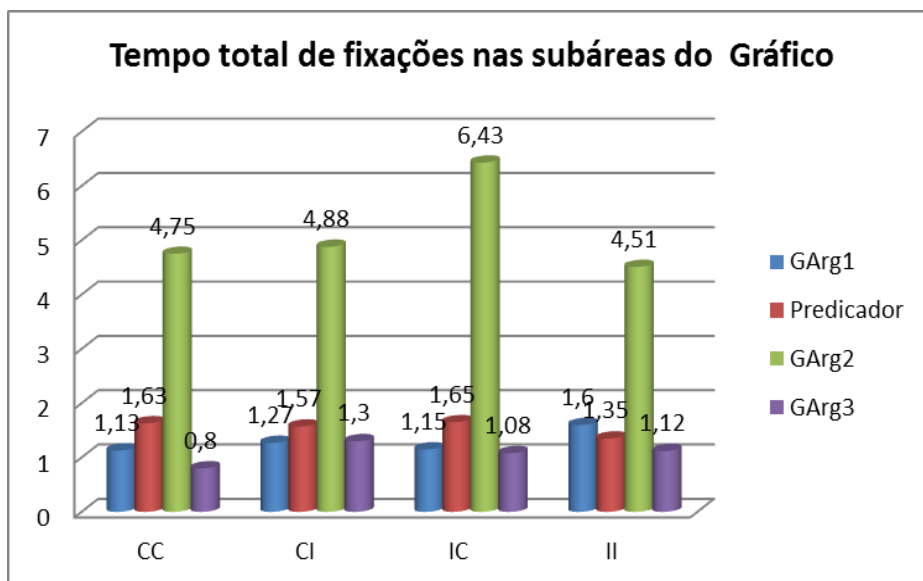


Gráfico 17: Tempo total de duração da fixação relativo à área do GRÁFICO.

No intuito de verificar a relação de correspondência no que tange à estrutura argumental, serão reportados dados relativos aos predicadores, ou seja, das subáreas verbo (informação linguística) e linha (informação visual) segundo as variáveis *número de fixações* e *tempo total de fixação*.

Subárea linha

Esta área não apresentou efeito principal das variáveis estabelecidas (*número de fixações* e *tempo total de duração das fixações*). Também não foi observado efeito de interação.

O gráfico a seguir apresenta a média do número de fixações na subárea linha por condição experimental.

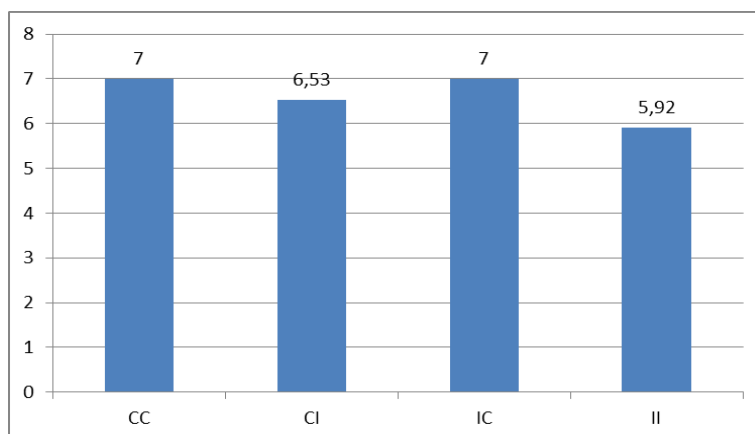


Gráfico 18: Média do número de fixações na subárea linha por condição experimental

Na comparação entre os pares, os resultados são:

[Congruente_Correto]vs[Congruente_Incorreto] $t(28)=1,43$ $p= 0,1634$

[Congruente_Correto]vs[Incongruente_Correto] $t(28)=0,03$ $p= 0,9799$

[Congruente_Correto]vs[Incongruente_Incorreto] $t(28)=2,96$ $p= \mathbf{0,0062}$

[Congruente_Incorreto]vs[Incongruente_Correto] $t(28)=1,68$ $p= 0,1041$

[Congruente_Incorreto]vs[Incongruente_Incorreto] $t(28)=2,00$ $p= 0,0555$

[Incongruente_Correto]vs[Incongruente_Incorreto] $t(28)=2,99$ $p= \mathbf{0,0057}$

A comparação entre pares indica que correção teve um efeito significativo apenas entre as condições incongruente (IC vs. II, $p=0,0057$). Congruência, por sua vez, apresentou um efeito marginalmente significativo na comparação das condições incorretas (CI vs. II). Uma diferença relevante também foi observada no contraste entre CC e II, as duas condições em que congruência e correção vão numa mesma direção (certa ou errada). Nesse caso, a linha na condição CC teve um número maior de fixações do que na condição II.

Conforme já mencionado, não houve efeito principal das variáveis para *tempo total de duração das fixações*. Também não houve efeito de interação. O gráfico seguinte apresenta as médias para tempo total de duração das fixações:

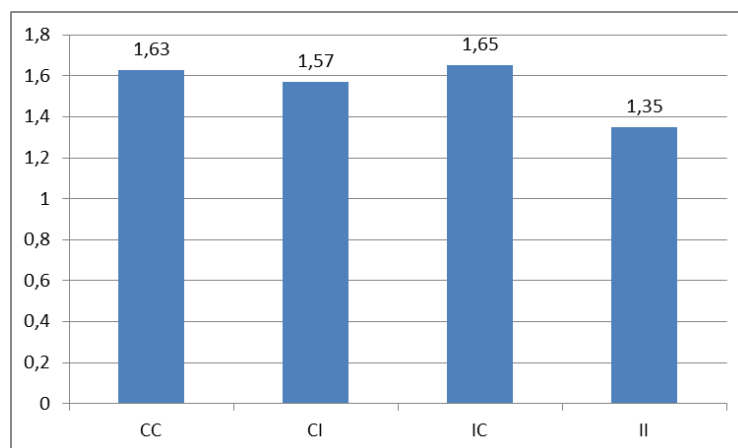


Gráfico 19: Média do tempo total de fixações na subárea linha por condição experimental.

No que tange a esse fator, seguem os resultados obtidos na comparação entre pares:

[Congruente_Correto]vs[Congruente_Incorreto] $t(28)=0,53$ $p= 0,6022$
 [Congruente_Correto]vs[Incongruente_Correto] $t(28)=0,25$ $p= 0,8037$
 [Congruente_Correto]vs[Incongruente_Incorreto] $t(28)=2,44$ **$p= 0,0211$**
 [Congruente_Incorreto]vs[Incongruente_Correto] $t(28)=0,72$ $p= 0,4782$
 [Congruente_Incorreto]vs[Incongruente_Incorreto] $t(28)=1,97$ $p= 0,0587$

Apenas a comparação CC e II apresentou resultado significativo, na mesma direção do que foi verificado para número de fixações. A diferença entre CI e II foi de p próximo a 0,05, revelando um efeito marginal de congruência entre as condições incorretas, o que é também compatível com o resultado da comparação entre esses mesmos pares para a variável número de fixações.

Na **subárea verbo**, efeito de congruência mostrou-se significativo para *número de fixações*: $F(1,28)=27,2$ $p=0,000015$.

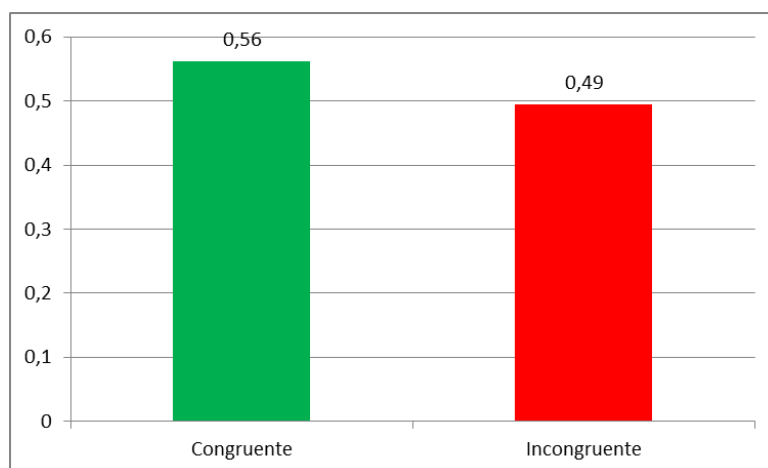


Gráfico 20: Média do número de fixações na subárea verbo em função da variável congruência

Observou-se também efeito de correção para a mesma variável dependente: $F(1,28)=51,0$ $p=0,000001$. Cumpramos ressaltar que não houve efeito de interação entre as variáveis.

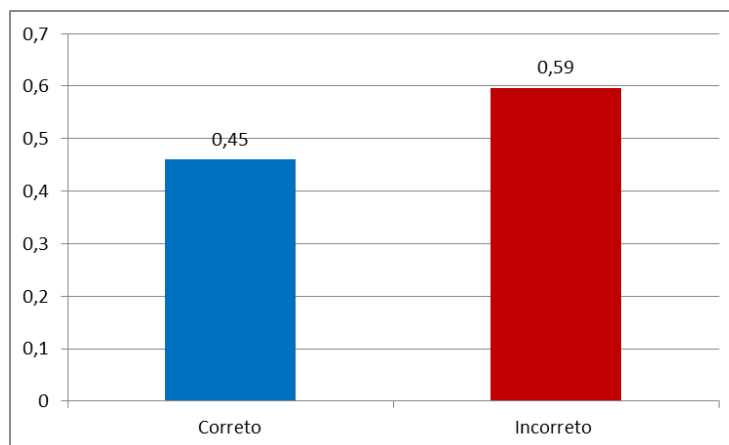


Gráfico 21: Média do número de fixações na subárea verbo em função da variável correção

O gráfico seguinte apresenta as médias referentes ao *número de fixações* por condição experimental:

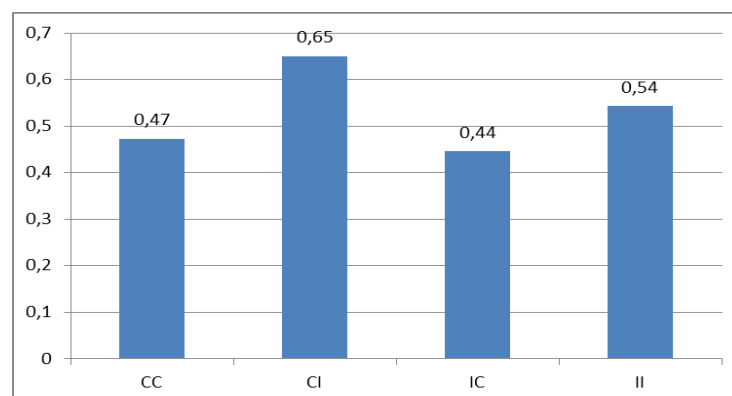


Gráfico 22: Média do número de fixações na subárea verbo por condição experimental.

Na comparação entre os pares, os resultados referentes ao *número de fixações* estão relacionados abaixo:

[Congruente_Correto] vs [Congruente_Incorreto] $t(28)=6,16$ **$p=0,0001$**
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Correto] $t(28)=1,44$ $p=0,1606$
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=3,42$ **$p=0,0019$**
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Correto] $t(28)=7,99$ **$p=0,0001$**
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=4,29$ **$p=0,0002$**
 [Incongruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=4,12$ **$p=0,0003$**

Seguindo a direção dos resultados obtidos no âmbito da frase, verificou-se um maior número de fixações nas condições incorretas (II e CI), respectivamente. Em relação

à variação correção, este fator se manifesta tanto nas condições congruentes quanto incongruentes. Quanto a congruência, esta variável foi relevante apenas na comparação entre os pares com gráficos incorretos. A comparação entre CC e II também revelou diferença significativa.

No que tange ao *tempo total de fixações*, efeito principal de congruência e correção também foram observados: $F(1,28)=25,7$ $p=0,000023$ e $F(1,28)=39,0$ $p=0,000001$, respectivamente.

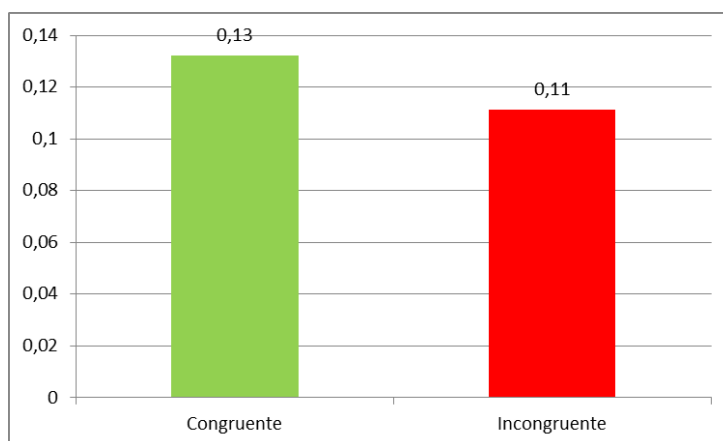


Gráfico 23: Média do tempo total de fixações na subárea verbo em função da variável congruência.

O gráfico abaixo apresenta as médias referentes ao tempo total de fixações em função da variável correção.

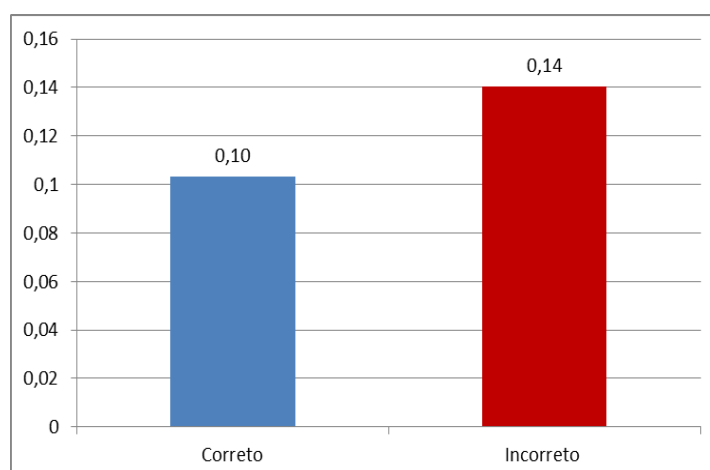


Gráfico 24: Média do tempo total de fixações na subárea verbo em função da variável correção.

O gráfico a seguir ilustra os valores referentes a cada condição experimental. Cumpramos registrar que não houve efeito de interação entre as variáveis.

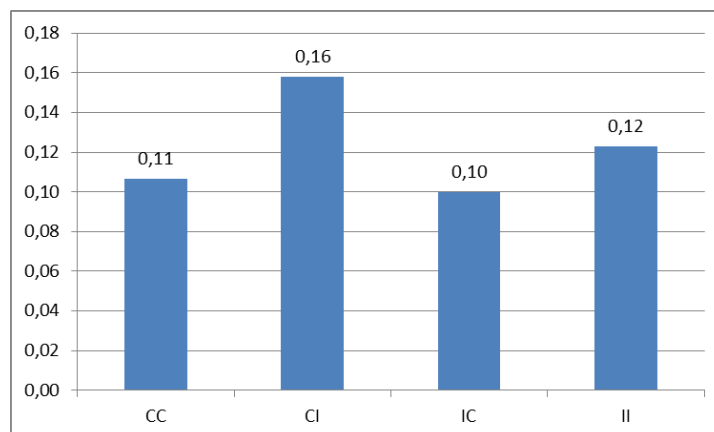


Gráfico 25: Média do tempo total de fixações na subárea verbo por condição experimental.

Os resultados relativos à comparação entre pares quanto ao *tempo total de duração das fixações* são os seguintes:

[Congruente_Correto] vs [Congruente_Incorreto] $t(28)=5,55$ **$p=0,0001$**
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Correto] $t(28)=1,56$ $p=0,1290$
 [Congruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=2,80$ **$p=0,0092$**
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Correto] $t(28)=6,88$ **$p=0,0001$**
 [Congruente_Incorreto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=4,24$ **$p=0,0002$**
 [Incongruente_Correto] vs [Incongruente_Incorreto] $t(28)=3,70$ **$p=0,0009$**

Observou-se maior tempo nas condições incorretas. Mais uma vez, nas condições corretas, o fator congruência parecer não influenciar o comportamento dos participantes. Assim como com o número de fixações, o fator correção manifesta-se em condições congruentes e incongruentes.

Comparando os resultados obtidos no tocante ao *número de fixações* de todas as subáreas da FRASE, observou-se o mesmo comportamento entre as condições, uma vez que as subáreas com maior número de fixações foram, respectivamente, FArg2, o predador (verbo), FArg3 e FArg1.

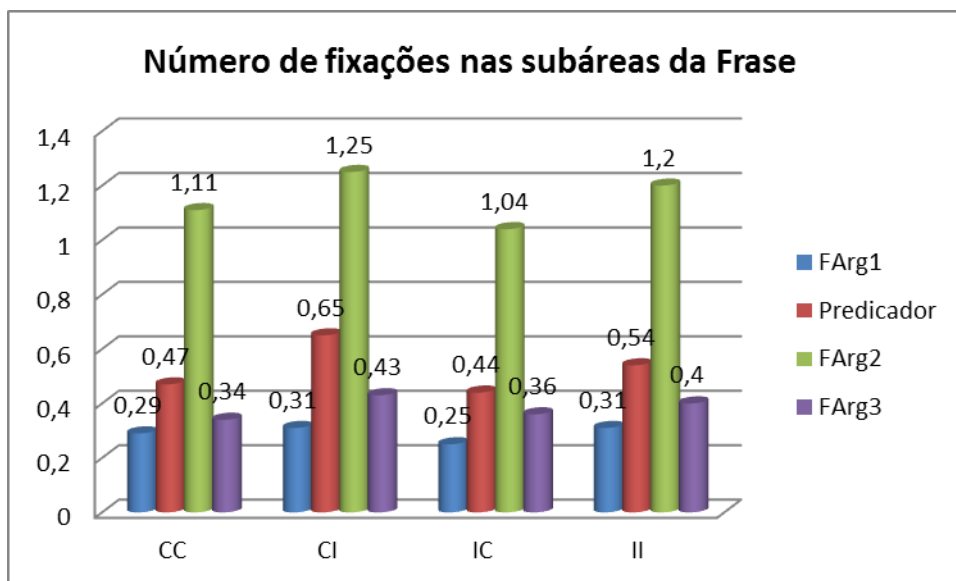


Gráfico 26: Número de fixações nas subáreas relativas à área da FRASE.

Quanto ao *tempo total de fixações*, observou-se o mesmo padrão de comportamento quando comparado ao número de fixações. FArg2 e o predicador (verbo) demandaram mais tempo de fixação, seguidos de FArg3 e FArg1.

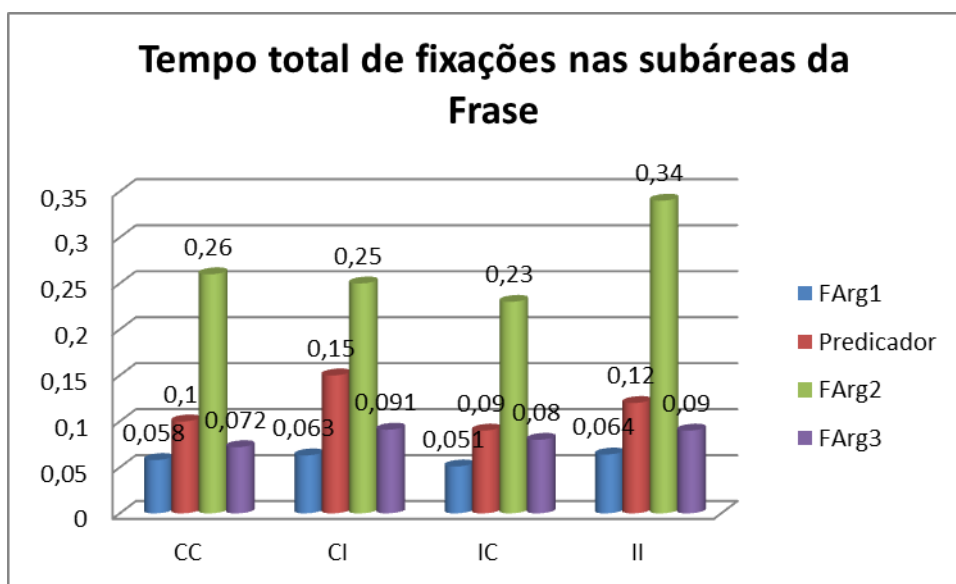


Gráfico 27: Tempo total de duração da fixação relativo à área da FRASE.

A seguir, apresenta-se uma tabela que sintetiza os resultados apresentados nos gráficos, considerando os resultados obtidos por meio do *número* e *tempo total de fixações*.

Condição	Número de fixações	Tempo total de fixações
CC	GArg2>Linha>GArg1>GArg3 FArg2>Verbo>FArg3>FArg1	GArg2>Linha>GArg1>GArg3 FArg2>Verbo>FArg3>FArg1
CI	GArg2>GArg3>Linha>GArg1 FArg2>Verbo>FArg3>FArg1	GArg2>Linha>GArg3>GArg1 FArg2>Verbo>FArg3>FArg1
IC	GArg2>Linha>GArg3>GArg1 FArg2>Verbo>FArg3>FArg1	GArg2>Linha>GArg1>GArg3 FArg2>Verbo>FArg3>FArg1
II	GArg2>GArg1>Linha>GArg3 FArg2>Verbo>FArg3>FArg1	GArg2>GArg1>Linha>GArg3 FArg2>Verbo>FArg3>FArg1

Tabela 8: Síntese dos resultados apresentados nos gráficos 26 e 27

Análise da trajetória do olhar nas grandes áreas FRASE e GRÁFICO

A fim de mapear o direcionamento dos movimentos oculares dos participantes nas duas grandes áreas de interesse (FRASE e GRÁFICO), foi elaborado um mapa que permite a visualização da trajetória do olhar dos indivíduos ao longo de todo o experimento. O mapa a seguir apresenta a localização de 75% das fixações em um dado intervalo de tempo, ou seja, onde estava $\frac{3}{4}$ da amostra do total de fixações por condição experimental. Esse foi construído a partir da soma de todas as fixações ocorridas em uma dada área num intervalo de tempo específico. A fim de verificar qual área era predominante, foi feito um cálculo (soma) do total de fixações nas áreas da frase e gráfico. Em seguida, calculamos o percentual (75%) do total de fixações em ambas as áreas. Estabelecido o quantitativo referente ao percentual adotado para as fixações, foi feita uma comparação entre o resultado obtido e o número de fixações em cada área. Quando o total de fixações na área da frase ou do gráfico tomado isoladamente era maior ou igual ao valor obtido por meio do percentual, essa seria a área predominante. Quando ambas as áreas apresentavam número menor de fixações em relação ao obtido pelo percentual, consideramos que parte dos participantes poderia estar fixando em uma área e parte em outra⁷⁹.

Para que a tabela não ficasse muito longa, foi necessário fazer uma linha única para os intervalos que vão de 750-3000 e 4250-7500, já que em todas as condições

⁷⁹ Nesse caso, apenas a análise individual de cada participante em cada par frase/gráfico poderia determinar exatamente em que área estava acontecendo a fixação num dado momento.

experimentais, 75% das fixações se concentraram na mesma área nos referidos intervalos. As áreas apontadas no mapa são F (frase), G (gráfico), F/G (frase/gráfico).

	CC	CI	IC	II
250	G	G	G	G
500	F/G	F/G	F/G	F/G
750-3000	F	F	F	F
3250	F/G	F	F	F
3500	F/G	F	F	F
3750	F/G	F/G	F	F
4000	F/G	F/G	F/G	F
4250-7500	F/G	F/G	F/G	F/G
7750	G	F/G	F/G	F/G
8000	F/G	F/G	F/G	F/G
8250	F/G	F/G	F/G	F/G
8500	F/G	F/G	G	F/G
8750	F/G	F/G	G	F/G
9000	G	F/G	G	F/G
9250	F/G	F/G	G	G
9500	F/G	F/G	G	G
9750	F/G	F/G	G	G
10000	G	F/G	F/G	G
10250	F/G	F/G	F/G	G
10500	G	F/G	F/G	G
10750	G	F/G	F/G	F/G
11000	G	G	F/G	F/G
11250	G	G	G	F/G
11500	G	G	G	F/G
11750	G	F/G	G	F/G
12000	F/G	F/G	G	F/G
12250	F/G	F/G	G	F/G
12500	F/G	F/G	F/G	F/G
12750	G	F/G	F/G	F/G
13000	G	F/G	F/G	F/G
13250	G	F/G	F/G	F/G
13500	G	F/G	G	F/G
13750	G	F/G	G	F/G
14000	F/G	F/G	G	F/G
14250	F/G	F/G	G	F/G
14500	F/G	F/G	G	F/G
14750	F/G	F/G	G	F/G
15000	F/G	F/G	G	F/G

Figura 34: Mapa 1- Trajetória do olhar- 75% das fixações

É possível perceber que o gráfico aparece como ponto de partida no processo de leitura, muito provavelmente pelo fato de o gráfico ocupar a maior parte da tela do computador e estar posicionado de forma central. No início da tarefa há uma predominância de fixação do olhar na área da frase. A partir de, aproximadamente, 4000ms, os movimentos oculares aparecem nas duas áreas. De 7750ms em diante, em alguns momentos, as fixações são mais predominantes na área do gráfico, apenas.

Ao analisarmos o padrão de comportamento dos participantes por condição experimental, observamos que na condição CC (congruente correta), a área da frase é mais acessada no início da atividade. A partir de 3250ms, observa-se uma movimentação do olhar nas duas áreas, ou seja, os participantes poderiam estar tanto na área da frase quanto na área do gráfico. A área do gráfico é predominante a partir de 10500ms, mas ainda assim é possível verificar momentos de alternância entre as duas grandes áreas. Tais momentos podem apontar tanto para alternâncias como pode ser possível inferir que parte dos participantes se concentra em uma determinada área e parte em outra. Apenas uma análise individual, por gráfico, poderia prover essa informação de forma mais precisa.

Cumprir registrar que o tempo de realização da tarefa é de 15 minutos aproximadamente, e que os participantes ao acessarem mais a área do gráfico por volta de 10500, começam a acessá-la mais para o final do experimento.

Semelhante ao que ocorre na condição CC, em CI (congruente incorreta), a área da frase é acessada primeiramente se estendendo um pouco mais quando comparada à anterior (até 3500ms). Observa-se que os participantes passam mais tempo nas duas áreas. E que o intervalo em que 75% das fixações está concentrada na área do gráfico é curto. Nos demais intervalos de tempo, há oscilações, isto é, não há um padrão que indique claramente uma concentração em uma área específica.

Na condição IC (incongruente correta), da mesma maneira que nas anteriores, o olhar dos participantes é fixado, primeiramente, na área da frase. Em seguida, os mesmos encontram-se na área F/G. Quando comparada às demais condições, observa-se que, em IC. Há 3 grandes intervalos de tempo em que os participantes estão fixando a área do gráfico de modo predominante (8500ms a 9750ms; 11250ms a 12250ms; 13500ms a 15000ms). Outro ponto diferencial nessa condição é o fato de que, ao final da atividade, os participantes estão na área do gráfico, provavelmente por conta do eixo x que apresenta informação temporal de forma invertida o que faz com que os participantes tenham que retomar a área do gráfico mais vezes para verificar a resposta.

Para a condição II (incongruente incorreta), os participantes parecem exibir um comportamento ocular em termos da trajetória do olhar mais próximo ao da condição CI.

Embora o tempo dedicado predominantemente à área do gráfico seja maior do que no caso de CI, também há momentos em que as fixações do olhar estão em uma área ou em outra, sem que se possa determinar claramente uma preferência geral dos participantes com base no percentual de 75%. Isso pode significar que, nessas duas condições, os participantes sintam mais necessidade de alternar a visão entre as duas áreas para avaliar a relação frase/gráfico.

No mapa 1 destacam-se algumas regiões nas quais as áreas da FRASE e GRÁFICO são acessadas concomitantemente. Com o intuito de averiguar qual área foi mais predominante nos momentos de sobreposição, optou-se por elaborar um mapa que apresentasse a localização de 60% das fixações em um dado momento, o que equivale a maioria das fixações naquele período de tempo.

	CC	CI	IC	II
250	G	G	G	G
500	F	F	F/G	F/G
750-3750	F	F	F	F
4000	F/G	F/G	F	F
4250	F/G	F	F	F
4500	F/G	F/G	F/G	F
4750	F/G	F/G	F/G	F/G
5000	G	F/G	F/G	F
5250	G	F/G	F/G	F
5500	F/G	F/G	F/G	F/G
5750	F/G	F/G	F/G	F/G
6000	F/G	F/G	G	G
6250	G	F	F/G	G
6500	G	F	F/G	F/G
6750	F/G	F/G	F/G	F/G
7000	G	G	F/G	G
7250	G	G	G	G
7500	G	F/G	G	G
7750	G	F/G	G	F/G
8000	G	F/G	G	G
8250	G	F/G	G	G
8500	G	F/G	G	G
8750	G	F/G	G	G
9000	G	F/G	G	G
9250	G	F/G	G	G
9500	G	F/G	G	G
9750	G	F/G	G	G
10000	G	G	G	G
10250	G	F/G	G	G
10500-11250	G	G	G	G
11500	G	G	G	F/G
11750	G	G	G	F/G
12000	G	G	G	F/G
12250	G	G	G	G
12500	G	G	G	G
12750	G	G	G	G
13000	G	G	G	G
13250	G	F/G	G	G
13500	G	F/G	G	G
13750	G	F/G	G	G
14000	G	G	G	G
14250	G	G	G	G
14500	G	G	G	G
14750	G	G	G	F/G
15000	G	G	G	F/G

Figura 35: Mapa 2- Trajetória do olhar- 60% das fixações

Ainda com o cálculo realizado, é possível perceber algumas áreas F/G mas em uma quantidade menor do que o apresentado no mapa anterior. Nesta versão, apresenta-se, de forma mais clara, uma predominância de fixações na área da frase no início do experimento para todas as condições e na área do gráfico, a partir de 7000ms até o final do experimento. Nas condições CI e II, há ainda momentos em que não se observa, em termos do número total de participantes, uma preferência por uma área ou por outra.

Os dados relativos aos dois mapas mostram que a tarefa de verificação de compatibilidade influenciou na trajetória de visualização do par frase/gráfico, com a frase sendo lida antes da inspeção do gráfico. Como comentado em capítulos anteriores, o tipo de tarefa assim como o comando recebido pelos participantes podem influenciar a maneira como irão desenvolver a atividade. Como também apontado por Acarturk (2009) a partir dos experimentos conduzidos em sua tese, há uma tendência de os participantes iniciarem a tarefa a partir de entidades linguísticas presentes no texto quanto estas se apresentam em constelações gráfico-texto, passando ao gráfico posteriormente.

Pode-se ainda conjecturar, com base no mapa dos 75%, que a condição em que o gráfico sofre mais modificações – tanto em relação à direção da linha (vs. predador verbal) quanto em relação à representação temporal no eixo x, qual seja, a condição IC, é a que possivelmente traz mais custos para o processamento, exigindo uma inspeção mais detalhada do gráfico⁸⁰.

Discussão

Retomando as questões apresentadas no início deste capítulo, ao analisarmos o número de fixações e o tempo total de duração das fixações nas duas grandes áreas, constatou-se que há diferenças relevantes entre ambas. Na área da frase, maior número de fixações foi obtido nas condições incorretas. Resultado contrário foi identificado para a área do gráfico, na qual verificou-se maior número de fixações nas condições corretas. No que tange ao tempo total de duração das fixações, observou-se o mesmo padrão de comportamento para ambas as áreas – mais tempo dispensado às condições incorretas na área da frase, enquanto que, na área do gráfico, mais tempo foi destinado às condições corretas.

Em relação ao índice de acerto, destaca-se a condição IC, que comparece entre os pares de condições para as quais o resultado da comparação foi significativo - CI-IC e IC-II. Essa condição apresentou o menor índice de acertos e possivelmente foi a que trouxe maior dificuldade para o participante, visto que, embora o gráfico estivesse correto,

⁸⁰ Em função de restrições de tempo e da grande quantidade de dados, não foi possível fazer uma análise separada da trajetória do olhar considerando-se o índice de acertos. Esse dado pode ser mais informativo sobre a questão do custo de integração frase/gráfico.

apresentava uma incongruência em relação à orientação da linha (ascendente/descendente) e o verbo da frase, e um padrão não-habitual de apresentação da informação temporal no gráfico – com o dado temporal expresso em ordem decrescente.

A análise da trajetória ocular (75%) é congruente com o resultado de que as condições corretas (CC e IC) são as que apresentam o maior número e maior tempo total de duração das fixações na área do gráfico. Além disso, a análise da trajetória indica que os momentos em que o gráfico é mais fixado se alternam com momentos F/G, isto é, em que há fixações tanto na área da frase quanto do gráfico. No caso da condição IC a alternância parece ser ainda mais forte, o que pode ser relacionado às especificidades do tipo de gráfico que foi construído e à verificação de sua compatibilidade com a frase. Nas condições incorretas (CI e II), um padrão distinto se observa, com menor concentração nos gráficos e predomínio de momentos do tipo F/G. Parece que nas condições incorretas, há necessidade de retomadas da frase, para verificar se de fato o gráfico está incorreto em relação ao conteúdo da frase.

9 Considerações Finais

No presente trabalho, compartilhamos dos conceitos de gêneros postulados por Marcuschi e Swales. Com base no primeiro, entendemos que os gêneros são entidades comunicativas, isto é, formas verbais de ação social que ocorrem em determinadas comunidades de práticas sociais e possuem domínios discursivos específicos. No tocante ao segundo, destacam-se dois conceitos-chave: o propósito comunicativo e a comunidade discursiva. Consideramos pois, o objeto de estudo desta pesquisa, um gênero multimodal que congrega diferentes tipos de representação cujos propósitos comunicativos são, principalmente, representar visualmente as informações que apresentam dados numéricos e/ou estatísticos de forma clara e objetiva e otimizar a visualização de dados quantitativos, sendo estes amplamente utilizados tanto no dia a dia quanto na academia, e por comunidades discursivas distintas, dentre as quais, destacam-se alunos dos cursos de Engenharia.

A presente tese procurou examinar o processamento de informações visuais e verbais durante a leitura de gráficos, mais especificamente, averiguar como se estabelece o mapeamento entre o conteúdo de sentenças e aquele apresentado em gráficos correspondentes, ou seja, o modo como se dá a articulação entre os elementos linguísticos e visuais presentes numa constelação gráfico-texto (termo utilizado por ACARTURK, 2009). Gráficos são instrumentos culturais de sistematização de dados, de natureza multimodal, o que exige complexa atividade cognitiva para sua compreensão/interpretação. Tais recursos mobilizam a integração de dados linguísticos e visuais a fim de se depreender, de forma adequada, o sentido global de um determinado texto.

Para este estudo, partimos do pressuposto teórico de que a leitura de gráficos tanto isolados quanto em articulação com textos congrega diferentes modalidades de representação, exigindo, em termos de processamento, uma integração entre informações do sistema linguístico e visual. Nesse sentido, duas abordagens foram consideradas a fim de averiguar como se daria essa integração: a primeira baseia-se na proposta de modularidade representacional de Jackendoff (1996), em que se assume a ideia de módulos de interface; e uma proposta alternativa, segundo a qual o resultado do processamento linguístico e visual seria uma representação de natureza proposicional,

passível de ser integrada em uma interface conceitual. Nessa interface, links co-referenciais seriam estabelecidos entre entidades conceituais introduzidas por ambos módulos. Essa proposta alternativa se mantém alinhada à visão de modularidade proposta por Fodor (1983), e é também compatível com a proposta estabelecida por Pylyshyn (1978; 1981; 1984; 2003), de acordo com a qual o *output* final do processo que tem início com a percepção de uma imagem é uma representação de natureza abstrata, uma espécie de proposição, semelhante a que seria gerada ao final do processamento de um enunciado linguístico.

Ao assumir uma abordagem proposicional, buscou-se verificar (i) se fatores extralinguísticos, como conhecimento prévio acerca de um dado tópico poderia afetar esse processo de integração e (ii) em que medida informação linguística poderia instaurar expectativas (ou até mesmo processos preditivos, dependendo da ordem de apresentação sentença-gráfico – se anterior ou concomitante) acerca da informação expressa no gráfico. Para tanto, foram conduzidos experimentos com alunos de Engenharia de uma instituição pública e em uma instituição privada da cidade do Rio de Janeiro. Nos experimentos de comparação sentença-figura, foi utilizado o programa *psyscope* com gráficos de colunas e linha. Gráficos de colunas foram usados a fim de verificar (i) se o conhecimento prévio acerca do assunto/conteúdo expresso pela sentença afetava o modo como o gráfico seria compreendido/interpretado pelo indivíduo, e gráficos de linha para averiguar (ii) se a informação linguística influenciava o leitor em termos de expectativas em relação às informações codificadas visualmente nos gráficos. Experimento de rastreamento ocular também foi realizado com gráficos de linha, somente, a fim de testar a hipótese (ii).

Os **experimentos de comparação sentença-figura** foram realizados a partir de um único teste cuja tarefa consistia numa avaliação na qual os participantes teriam que verificar se o gráfico representava o conteúdo expresso em uma dada sentença. Os gráficos de colunas funcionaram como distratores para a investigação dos gráficos de linha e vice-versa. As variáveis independentes (conhecimento vs correção) foram manipuladas por meio de alterações realizadas no desenho das colunas, apenas. O design resultante (2x2), totalizou 4 condições experimentais. Tempo de resposta e índice de acerto foram as variáveis dependentes consideradas. No que se refere à variável *conteúdo expresso pela frase que dá origem ao gráfico* (conhecimento), os resultados relativos a tempo de resposta apontaram que conhecimento prévio do assunto não se mostrou significativo, como pode ser observado no capítulo 7. Uma possível explicação para isso

talvez resida no fato de não haver restrições em relação ao tempo de visualização do gráfico com vistas a indicar a resposta. É provável que apenas com experimento de rastreamento ocular seja possível investigar o efeito de natureza *top-down* associado a conhecimento de mundo. Conjectura-se que o efeito desse fator se manifestaria em relação a como o gráfico seria inspecionado visualmente. Em trabalho futuro, pretende-se explorar esta questão. Outro aspecto também a se considerar é o fato de os participantes do experimento serem todos da área de Engenharia, um grupo mais familiarizado com gráficos de diferentes tipos. Seria relevante também explorar se, quando os participantes não são familiarizados com esse gênero, se o conhecimento de mundo afetaria os tempos de resposta e também a inspeção visual dos gráficos. Em relação ao índice de acerto, os resultados obtidos não foram estatisticamente significativos quando isolados ou em interação. Provavelmente, por ser um tipo de gráfico recorrente na área, os alunos não demonstraram dificuldades quando da realização da tarefa, uma vez que, na maioria das vezes, o número de acertos foi maior do que o de erros em quaisquer variáveis.

No que diz respeito à influência da compatibilidade do gráfico em relação à frase, observou-se um efeito significativo da variável independente correção. Os dados parecem indicar que, quando há uma compatibilidade entre o conteúdo informacional e a representação gráfica utilizada, o processamento da informação torna-se menos custoso. Por meio do programa estatístico adotado, foi possível constatar que elementos presentes nas frases podem contribuir para um maior/menor custo no processamento. Verificou-se que frases com mais de um elemento e negativas contribuem para um processamento da informação mais demorado e conseqüentemente mais custoso.

Para os gráficos de linha, as variáveis independentes foram congruência e correção. Efeitos de ambas variáveis foram significativos para tempo de resposta. Observou-se também efeito de interação. Os resultados apontaram tempo mais rápido de realização da tarefa para gráficos pertencentes às condições congruentes (CC e CI). Gráficos quando incongruentes parecem trazer mais custo para o processamento. Quanto à variável *correção*, comportamento semelhante ao obtido no experimento com gráficos de colunas foi observado - tempos de resposta mais longos nas condições incorretas, muito provavelmente, motivados pela expectativa gerada pelos participantes. Após a leitura da frase, expectativas são geradas quanto ao modo como a informação estará representada no gráfico e este, por não corresponder ao que era esperado, causa um

estranhamento, o que contribui para uma diferença nos tempos de resposta nessas condições. Na comparação entre pares, a variável *correção* apresentou efeito significativo entre as condições congruentes. Nas condições incongruentes, a informação ser correta ou incorreta parece não afetar os tempos de resposta.

No tocante ao índice de acerto, foi utilizado o teste de Friedman para análise estatística dos resultados. O valor obtido foi significativo e por meio do teste de comparações múltiplas, foi possível constatar diferenças significativas entre as condições CC-CI, CC-IC, CI-II e IC-II. Observou-se, ainda, que os participantes não tiveram dificuldade de julgar a compatibilidade frase/gráfico quando as duas informações (congruência e correção) não divergiam. Cumpre registrar que quando houve elementos divergentes, os participantes pareceram hesitar nas respostas.

O processo de integração frase/gráfico na condição CC (congruente/correto) apresentou-se como o menos custoso entre todas as condições. Ainda na comparação entre pares, verificou-se que congruência afeta ambas condições. Quando houve divergência entre congruência e correção (CI e IC), os participantes apresentaram mais dificuldades; sendo esta mais visível no índice de acerto (mais baixo nas condições CI e IC em relação às duas outras condições). Os resultados relativos à condição IC (incongruente correto) chamaram atenção nesse experimento. Como visto, na condição IC, os dados temporais no eixo x estavam fora do padrão usual. Retomando-se a teoria de Pinker (1990) para a compreensão de gráficos, pode-se pensar que nessa condição pode ocorrer uma dificuldade de compatibilizar a representação mental resultante do processamento dos estímulos visuais do gráfico (representação essa chamada de descrição visual) com um dado tipo de esquema gráfico armazenado na memória. Segundo Pinker, o processo de reconhecimento do tipo de gráfico é que permitirá a montagem da mensagem conceitual. Na condição IC, o participante precisa fazer um ajuste em relação ao seu esquema gráfico, de modo a poder avaliar se as informações expressas no gráfico correspondem ao conteúdo da frase. Adicionalmente, nessa condição, há uma divergência entre a proposição gerada a partir do processamento da sentença e aquela gerada a partir do gráfico, em especial no que tange à informação depreendida da linha (que nesta pesquisa está sendo tomada como correspondente ao predador da proposição relacionada ao gráfico). Logo, os dois aspectos parecem contribuir para a maior dificuldade associada ao processamento de gráficos nessa condição.

Em suma, os resultados do experimento com gráficos de linha pareceram estar de acordo com as previsões decorrentes da hipótese de trabalho segundo a qual informação linguística codificada no item lexical correspondente ao predicador (no caso, o verbo da sentença) deflagra expectativas em relação a que tipos de informação (número e natureza dos argumentos) estarão representados graficamente e como será sua apresentação visual no gráfico.

No intuito de verificar se as diferentes formas de expressão de informação compartilham uma representação proposicional semelhante – uma relação entre predicador e argumentos é possível de ser expressa tanto por uma sentença quanto por um gráfico, foi conduzido um **experimento de rastreamento ocular**. O *design* experimental assim como as variáveis independentes foram as mesmas manipuladas no experimento com gráficos de linha quando realizado no *psyscope*. As variáveis dependentes consideradas foram índice de acerto, número de fixações e tempo total de duração das fixações.

Em relação ao índice de acerto, o resultado do teste de Friedman revelou um $p < 0,05$, mas o teste de comparações múltiplas indicou serem significativas apenas as diferenças entre as condições CI-IC e IC-II. Aqui também cabe novamente destacar os resultados relativos à condição IC, que, embora tenha tido índice de acerto acima da média (4,9, máximo *score* =6), foi a que apresentou valores mais baixos. Logo, mesmo em uma situação experimental em que a frase aparece juntamente com o gráfico (no experimento com *psyscope*, frase e gráfico apareciam em telas distintas), o que poderia ser um fator a reduzir a carga de processamento na realização da tarefa, IC permanece trazendo custos para o processo de integração texto/imagem.

No tocante aos resultados obtidos por meio dos movimentos oculares, duas grandes áreas foram examinadas: FRASE e GRÁFICO considerando-se os parâmetros *número de fixações* e *tempo total de fixação*. Quanto à **área do gráfico**, observou-se que maior número de fixações ocorreu nas condições corretas. O efeito principal de correção foi evidenciado na comparação entre pares. Em relação ao tempo total de fixação, o fator correção mostrou-se estatisticamente significativo nas condições congruentes. Como aconteceu com a variável número de fixações, maior tempo de duração das mesmas foi observado nas condições corretas.

No que se refere à área da frase, constatou-se efeito principal da variável correção para *número de fixações*, com resultado na direção contrária ao que foi verificado para a área do gráfico: as condições corretas tiveram um menor número de fixações do que as

condições incorretas. Efeito principal de correção também foi observado para *tempo total de duração das fixações*, tendo as condições corretas apresentado menores tempos do que as incorretas.

Na análise de cada subárea por condição experimental, verificou-se que o maior número de fixações em GArg1 (sintagma no eixo y) ocorreu nas condições incorretas (II e CI). GArg2 (cálculo a partir dos dados do eixo x e y) apresentou maior número de fixações em todas as condições provavelmente pelo fato de que tal área englobava GArg3 (eixo x) e o predicador (linha), o que acarretou uma maior extensão nessa área e consequentemente um valor maior nas variáveis analisadas. Nas condições corretas (CC e IC), o predicador (linha) foi o elemento que apresentou maior média do número de fixações, desconsiderando GArg2. Entre as condições incorretas (CI e II) houve divergências, uma vez que na condição CI, GArg3 e o predicador (linha) foram as áreas que apresentaram maior número de fixações, enquanto que GArg1 teve maior destaque na condição II.

No tocante ao *tempo total de fixações* nas subáreas referentes ao gráfico, novamente, GArg2 foi a área que demandou maior tempo de fixações em todas as condições. Desconsiderando GArg2, maior tempo de fixações em GArg1 foi observado somente na condição II. Nas demais, maior tempo foi observado no predicador (linha). Maior tempo foi destinado a GArg3 quando este apresentou-se nas condições incorretas (CI e II).

Com o propósito de verificar a relação de correspondência no que tange à estrutura argumental, foram reportados dados relativos aos predicadores verbo e linha segundo as variáveis *número de fixações* e *tempo total de fixação*. A subárea linha não apresentou efeito principal das variáveis estabelecidas (*número de fixações* e *tempo total de duração das fixações*). Também não foi observado efeito de interação.

Na subárea verbo, efeito de congruência e correção mostraram-se significativos para *número de fixações*. Verificou-se um maior número de fixações nas condições incorretas (II e CI), respectivamente. Comparando os resultados obtidos no tocante ao *número de fixações* de todas as subáreas da FRASE, observou-se o mesmo comportamento entre as condições, uma vez que as subáreas com maior número de fixações foram, respectivamente, FArg2 (complemento verbal), o predicador (verbo), FArg3 (adjunto temporal) e FArg1 (sujeito). Quanto ao *tempo total de fixações*, observou-

se o mesmo padrão de comportamento quando comparado ao número de fixações. FArg2 e o predador (verbo) demandaram mais tempo de fixação, seguidos de FArg3 e FArg1.

Com o propósito de mapear o direcionamento dos movimentos oculares dos participantes nas duas grandes áreas de interesse (FRASE e GRÁFICO), foi elaborado um mapa que permitiu a visualização da trajetória do olhar dos indivíduos ao longo de todo o experimento. O gráfico apareceu como ponto de partida no processo de leitura, muito provavelmente pelo fato de o gráfico ocupar a maior parte da tela do computador e estar posicionado de forma central. No início da tarefa houve o predomínio da fixação do olhar na área da frase. A partir de aproximadamente 4000ms, os movimentos oculares apareceram nas duas áreas. De 7750ms em diante, em alguns momentos, as fixações foram mais predominantes na área do gráfico, apenas.

No tocante à análise da trajetória ocular (75%), os dados apresentam-se congruentes com o resultado de que as condições corretas (CC e IC) são as que apresentam o maior número e maior tempo total de duração das fixações na área do gráfico. Observou-se também que os momentos em que o gráfico é mais fixado se alternam com momentos F/G, isto é, em que há fixações tanto na área da frase quanto do gráfico. No caso da condição IC, a alternância pareceu ser mais evidente, fato este que pode estar relacionado às especificidades do tipo de gráfico que foi construído e à verificação de sua compatibilidade com a frase. Nas condições incorretas (CI e II), houve uma menor concentração nos gráficos e predomínio de momentos do tipo F/G. os dados sugerem que nas condições incorretas, os participantes sentiram necessidade de retomar a frase, para verificar se de fato o gráfico estava incorreto em relação ao conteúdo expresso na frase.

Um aspecto que não foi verificado, mas que merece ser considerado é se há diferenças em relação aos movimentos oculares entre as respostas corretas e incorretas, em especial no caso da condição IC, que apresentou menor índice de acerto. Essa comparação entre respostas corretas e incorretas também é relevante para analisar os tempos de resposta obtidos nos gráficos de coluna e o de linha com *psyscope*.

Outro aspecto que também deve ser considerado posteriormente é o comportamento individual dos participantes quanto à trajetória do olhar no último experimento. Quando se considerou o percentual de 75% das fixações numa dada área, as respostas de todos os participantes foram agrupadas. Isso é problemático para a

interpretação do que chamamos de F/G, pois não é claro se parte dos participantes estava na área F e parte na área G ao longo do tempo, ou se um mesmo participante foi alternando entre as áreas F/G à medida que ia examinando o par frase/gráfico. De todo modo, o fato de haver menos convergência das respostas para uma única área (seja esta do gráfico ou da frase) é um dado relevante, informativo sobre possíveis custos associados à integração entre frase e gráfico nas condições experimentais.

Em relação aos três experimentos, cumpre reforçar ainda que os resultados obtidos dizem respeito a uma tarefa específica (verificar compatibilidade frase/gráfico) e modos também particulares de apresentação dos estímulos (em telas separadas, nos dois primeiros experimentos, e numa mesma tela, no terceiro experimento). Há toda uma possibilidade aberta de pesquisas em relação a como se dá o processo de compreensão multimodal envolvendo esse gênero, voltadas à investigação de fatores associados aos participantes, tarefas e situações experimentais, entre outros aspectos. Uma questão também que se apresenta como relevante para pesquisa futura é a contribuição de fatores *bottom-up* na leitura dos diferentes tipos de gráficos. Idealmente, dever-se-ia ter tido pelo menos dois grupos para os experimentos aqui reportados. Um dos grupos poderia examinar os gráficos sem uma tarefa específica, com vistas a verificar se alguma informação é mais ou menos saliente nos estímulos presentes nos gráficos, e o outro grupo poderia examinar os gráficos com vistas a depois responder, por exemplo, perguntas de compreensão. Em trabalhos futuros, seria interessante investigar o comportamento ocular de tais grupos vs. o que foi verificado na presente pesquisa.

Em suma, para fins de compreensão de gêneros multimodais, os indivíduos integram informações oriundas de diferentes representações com base em processos cognitivos inconscientes.

No que tange à leitura do gráfico propriamente, segundo a teoria de Pinker (1990), dividida em diferentes estágios, os indivíduos fazem uma leitura inicial (superficial) que pode ser caracterizada como a percepção de estímulos visuais. Nesta etapa, mecanismos de codificação *bottom-up* são acionados para que esta leitura denominada inicial se transforme em uma descrição visual, ou seja, a representação do gráfico em questão que é elaborada durante o processo de leitura de acordo com princípios perceptuais (confere seção 4.1). Formada a descrição visual, é ativado o processo de reconhecimento que possibilita ao indivíduo reconhecer o gráfico (tipo de gráfico com o qual está trabalhando-

linhas, por exemplo). Em seguida, o esquema gráfico é ativado para determinado tipo de gráfico. Nesta etapa, o indivíduo é capaz de iniciar o processo de extração de informações. O processo de montagem da mensagem conceitual ocorre posteriormente. Neste trabalho, assumimos a proposta de que as representações resultantes do processamento linguístico e visual (no caso, os gráficos) teriam uma natureza proposicional e que ocorreria um processo de integração dessas representações em um módulo conceitual.

Para o processo de compreensão, links co-referenciais entre as entidades conceituais introduzidas pelas representações linguística (frase) e visual (gráfico) são construídos. A compreensão linguística ocorre por meio de processos cujo objetivo é transformar representações linguísticas externas em representações mentais internas assim como ocorre para a compreensão dos gráficos, no qual processos cognitivos também transformam representações visuais externas em representações conceituais e espaciais internas. Ambas informações são integradas em um plano conceitual no qual informações de ordem linguística e visual tornam-se representações abstratas/proposicionais. Considerando um dos estímulos propostos, como por exemplo, *Os casos de inadimplência no comércio aumentaram 10% entre 2011 e 2013*, o verbo aumentar ativa um esquema proposicional em que a ideia de aumento está representada com os argumentos relacionados a mesma. De modo semelhante, em um gráfico de linhas (linha ascendente) em conjunto com as informações dispostas nos eixos x e y, após sua decodificação visual, seria capaz de instanciar o mesmo tipo de representação conceitual. Conclui-se pois, que é no plano abstrato onde ocorre a integração entre informação linguística e visual.

Acredita-se que a investigação conduzida nesta tese, embora ainda tenha um caráter exploratório, pode ser tomada como um ponto de partida para estudos na área de compreensão multimodal com gráficos.

Embora muito presentes em textos científicos destinados a alunos dos cursos de Engenharia, ainda são poucos os trabalhos que tratam do processo de compreensão/interpretação de gráficos quando inseridos nesse contexto. Sendo tal recurso amplamente utilizado a fim de transmitir/ilustrar informações da área, acredita-se que com o estudo de tais processos à luz da Psicologia Cognitiva e da Psicolinguística, seja possível, entender o que ocorre com os alunos quando da leitura desses materiais,

suas dificuldades e eventuais aspectos que possam potencializar/dificultar a compreensão de gráficos.

Com base nas informações obtidas por meio da técnica de rastreamento ocular, é possível averiguar os procedimentos que são/devem ser adotados quando da leitura do gênero gráfico possibilitando um aprimoramento da prática docente no tocante ao processo de ensino deste gênero para quaisquer segmentos e consequentemente no desempenho dos alunos. Este entendimento é de grande valia para o âmbito educacional/acadêmico tendo em vista as implicações pedagógicas que pode proporcionar, uma vez que, com base nos resultados obtidos, será possível refletir sobre a necessidade de abordagens pedagógicas mais eficazes para fins de otimização da aprendizagem de gráficos por parte desses alunos especificamente. O entendimento de como ocorre o processo de leitura e compreensão desses elementos contribui para uma maior conscientização por parte dos professores no tocante ao desenvolvimento de materiais didáticos mais apropriados e eficientes para o ensino de gráficos em quaisquer segmentos, seja na matemática ou em outras disciplinas. Tendo em vista que encontramos nos em um “*grande ambiente multimodal*” (DIONÍSIO & VASCONCELOS, 2013) no qual formas multissemióticas fazem parte do dia a dia, pretende-se também contribuir para pesquisas sobre multimodalidade no intuito de promover maior conhecimento sobre as relações existentes entre os variados tipos de representação, especialmente no que tange ao gênero gráfico, tão recorrente no cotidiano e em textos acadêmicos/científicos.

Cumpramos ressaltar que este estudo também pode auxiliar no fomento de discussões acerca da importância do desenvolvimento do letramento estatístico desde as séries iniciais até o ensino superior, contribuir para a reflexão sobre cursos de formação de professores oriundos de diferentes áreas, sugerindo que os aspectos abordados no presente trabalho sejam incluídos nos conteúdos dos cursos de licenciatura, principalmente de forma crítica, visando uma prática pedagógica mais reflexiva e consciente das demandas atuais da sociedade na qual vivemos. Pretende-se contribuir para ampliação do conceito de letramento estatístico até então vigente na academia, onde somente aspectos relacionados ao conhecimento/habilidades matemáticas são levados em consideração quando da formação do aluno enquanto um ser letrado estatisticamente, desconsiderando a importância da habilidade de integração entre informação linguística e visual do indivíduo neste processo.

Como possíveis desdobramentos da presente tese, apontamos a necessidade de trabalhos com o mesmo objeto de estudo porém com diferentes públicos-alvo a fim de verificar em que medida a expertise pode influenciar o processo de compreensão/interpretação de gráficos, considerando dados oculares como informativos acerca dos procedimentos e estratégias empregados. No tocante ao público-alvo, especialmente, recomenda-se a realização de estudos com leitores não ou menos experientes e alunos da Educação Básica uma vez que muitos estudantes deste segmento, conforme já mencionado, apresenta um desempenho irregular em testes e atividades de leitura e também em tarefas nas quais o gênero gráfico aparece.

Por fim, este estudo, busca também contribuir para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à interface linguagem/visão uma vez que evidencia, por meio dos testes apresentados, que o método de rastreamento ocular pode ser um poderoso recurso nos trabalhos referentes ao processamento da linguagem, e mais especificamente às questões de leitura e escrita. Ademais, acredita-se na relevância da presente tese para promoção do trabalho interdisciplinar, uma vez que gráficos estão inseridos em diversas áreas do saber, pois são amplamente utilizados para fins de representação de dados acerca de variados conteúdos.

Referências bibliográficas

ACARTURK, C. Multimodal comprehension of graph, text constellations: an information processing perspective. Tese de Doutorado. Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften der Universität Hamburg, 2009.

BAKTIN, M. M. Os gêneros do discurso. In: Estética da criação verbal. Trad.: P. Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, [1952-1953/1979], p. 261-306, 2003.

BERTIN, J. *Semiologie graphique: les diagrammes, les reseaux, les cartes*. Paris: Mouton, 1967.

BIDERMAN, A. The Playfair Enigma: toward understanding the development of the schematic representation of statistics from origins to the present day. Bielefeld, Institut für Didaktik der Mathematik, University of Bielefeld, 1989.

BODEMER, D. & FAUST, U. External and mental referencing of multiple representations: Computer in human behaviour. 22, 27-42. 2006.

BRONCKART, J. P. Atividade de linguagem, textos e discursos. Por um interacionismo sociodiscursivo. Trad. A. R. Machado e P. Cunha. São Paulo: EDUC, 1999.

CAIXETA, R. A. A arte de informar. Associação Brasileira de Imprensa. Disponível em: www.abi.org.br/paginaindividual.asp?id=556, 2005. Acesso em 20 de novembro de 2014.

CAMPOS, T.; CARVALHO, L. M. T. L.; MONTEIRO, C. E. F. Aspectos visuais e conceituais nas interpretações de gráficos de linhas por estudantes. *Bolema. Boletim de Educação Matemática* (UNESP, Rio Claro, Impresso), v. 24, p. 700-21, 2011.

CANDIOTTO, K. B. B. Metáforas e modelos da mente: das teorias do século XX à teoria modular de Jerry Fodor. São Carlos: UFSCar, 2008.

CARVALHO, E. A. de & ARAÚJO, P. C. de. *Leituras cartográficas e interpretações estatísticas I*. Natal, RN: EDUFRN, 2008.

CARVALHO, L. M. T. L. Interpretação de gráficos de quantidade veiculados pela mídia impressa: um estudo exploratório. Recife, 1998. Tese de Mestrado em Psicologia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife. FREITAS, M. S. V.; CARVALHO, L. M. T. L. 1998.

CARVALHO, Marlene. *Alfabetizar e letrar: um diálogo entre a teoria e a prática*. 5.ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

CAZORLA, I. M. A relação entre a habilidade viso-pictórica e o domínio de conceitos estatísticos na leitura de gráficos. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas- SP, 2002.

CHOMSKY, N. *Syntactic Structures*. The Hague: Mouton, 1957.

CLARK, H.H. & CHASE, W. G. On the process of comparing sentences against pictures. *Cognitive Psychology*, 3, 472-517. 1972.

CLARK, J. & PAIVIO, A. Observational and theoretical terms in psychology: A cognitive perspective on scientific language. *American psychologist*, 44, 500-512. 1989.

CLARK, Richard & CRAIG, Terrance. Research and Theory on multi-media. learning effects. In Max Giardina (ed.), Berlin: Springer-Verlag, 1992.

CLIFTON, Charles Jr., STAUB, Adrian; RAYNER, Keith. Eye movements in reading words and sentences. In: VAN GOMPEL ET AL. *Eye Movements: A Window on Mind and Brain*. Amsterdã: Elsevier, 2007.

COHEN, J., MACWHINNEY, B., FLATT, M., & PROVOST, J. PsyScope: An interactive graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 25, 257-271. 1993.

COPE, B., & KALANTZIS, M. Multiliteracies: The beginning of an idea. In B. Cope & M. Kalantzis (Eds.), *Multiliteracies: Literacy learning and the design of social futures* (pp.3-8). London: Routledge. Back. 1996.

DIONÍSIO, A. P. Gêneros multimodais e multiletramento. In: KARWOSKI, A. M. GAYDECZKA, B. BRITO, K. S. (org.). *Gêneros textuais: Reflexões e Ensino*. Palmas e União da Vitória: Kaygangue, 2005.

DIONISIO, A. P; VASCONCELOS, L. J. de. Multimodalidade, capacidade de aprendizagem e leitura. In: BUNZEN, C.; MENDONÇA, M. (Orgs.). *Múltiplas linguagens para o ensino médio*. São Paulo: Parábola, p. 69-82. 2013.

DUARTE, V. M. Textos multimodais e letramento. Habilidades na leitura de gráficos da Folha de São Paulo por um grupo de alunos do ensino médio. 219p. Dissertação (Mestrado em Estudos Linguísticos) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

DUCHOWSKY, A. *Eye-tracking methodology: theory and practice*. [S.I.]: Springer, 2007.

FORSTER, R. Aspectos do processamento de Orações Relativas: antecipação de referentes e integração de informação contextual. Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Letras. 2013.

FODOR, J. *The language of thought*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1975.

_____ *Modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT Press. 1983.

_____ *The mind doesn't work that way: The Scope and Limits of Computational Psychology*. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.

FRENCK-MESTRE, C. Eye-movement recording as a tool for studying syntactic processing in a second language research, 21. 175-198. 2005.

GAL, I. Adult Statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70, 1-25. 2002.

HABERLANDT, K. Methods in reading research. In: M.A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of psycholinguistics* (pp. 1-30). San Diego, CA: Academic Press. 2004.

HENDERSON, J. M. & FERREIRA, F. The interface of language, vision, and action: Eye movements and the visual world. New York: Psychology Press. 2004.

HOLSANOVA, J. Discourse, vision, and cognition. John Benjamins Publishing Company: Amsterdam/Philadelphia. 2008.

JACKENDOFF, R. *Semantics and cognition*. Cambridge, MA: MIT Press, 1983.

_____. *Semantic structures*. Cambridge, MA: MIT Press, 1990.

_____. *The Architecture of the Language Faculty*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1996.

_____. *Foundations of Language*, Oxford University Press, Oxford, New York. 2002.

JAVAL, L. E. Essai sur la physiologie de la lecture. *Annales d'Oculistique*, 82, 242- 253. 1978.

JUST, M. A. & CARPENTER, P.A. A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87. 329-354. 1980.

KAPUT, J. J. Representation and mathematics. In Janvier, C. (ed.), *Problems of Representation in Mathematics Learning and Problem Solving*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 19-26, 1987.

KLEIMAN, A. B. _____. *Leitura e prática social no desenvolvimento de competências no ensino médio*. In: BUNZEN, C.; MENDONÇA, M. (Orgs.). *Português no ensino médio e formação do professor*. São Paulo: Parábola Editorial, p. 23-36, 2006.

_____. *Letramento e suas implicações para o ensino de língua materna*. Signo, Santa Cruz do Sul, v. 32, n. 53, p. 1-25, dez. 2007.

KOSSLYN, S. M. Understanding charts and graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 3, 185-226. 1989.

KRESS, G. Meaning and learning in a world of instability and multiplicity. *Studies in Philosophy and Education*, 27 (4), 253-266. 2010.

_____. *Multimodality: A Social Semiotic Approach to Contemporary Communication*. London: Routledge. pp. 49-52, 26, 32-36. 2008.

LANGACKER, R. *Foundations of cognitive grammar*. Vol. 1. Stanford, CA: Stanford University Press. 1986.

LEINHARDT, G.; ZASLAVSKY, O.; e STEIN, M. K. Functions, graphs, and graphing: task, learning and teaching. *Review of Educational Research*, 60 (1), 1-64, 1990.

LEWANDOWSKY, S.; and BEHRENS, J. T. Statistical graphs and maps. In Durso, F.; Dumais, S.; Nickerson, R., Schvaneveldt, R., Chi, M., and Lindsay, S. (eds.), *The Handbook of Applied Cognitive Psychology*, Wiley, Chichester, England, pp. 513-549. 1999.

LUEGI, P.; COSTA, A.; FARIA, ISABEL M. Analisando os comportamentos oculares durante a leitura, *Revista Linguística* 5, 1:62-80. 2009.

MARCUSCHI, Luiz Antônio. A língua falada e o ensino de português. 6º Congresso de Língua Portuguesa – PUC-SP, (mimeo), 1996.

_____. Gêneros textuais: definição e funcionalidade. In: DIONISIO, Angela e outros (org). *Gêneros textuais e ensino*. Rio de Janeiro: Lucerna, p.19-36. 2002.

MARR, D. *Vision*. San Francisco: Freeman. 1982.

MARR, D. & NISHIHARA, H. K. Representation and recognition of the spatial organization of three dimensional shapes. *Proceedings of the Royal Society*. 200. 269-294. 1978.

MONTEIRO, C. E. F. Tratamento de Informações: Interpretação de gráficos da mídia impressa. In: IV Encontro Pernambucano de Educação Matemática- EPEM, 1999, Recife. IV Encontro Pernambucano de Educação Matemática, 1999.

_____. Investigating critical sense in the interpretation of media graphs. Tese. (PhD in Education)- Institute of Education, University of Warwick, Coventry, Inglaterra. 2005.

NEWELL, A. & SIMON, H.A. *Human Problem Solving*. New Jersey: Prentice-Hall. Polya, G. (1946). *How to solve it: a new aspect of mathematical method*. Princeton: Princeton University Press. 1972.

_____. Computer science as a empirical enquiry: symbols and search. *Communications of the Association for Computing Machinery*. 19: 113-126. 1976.

PAIVIO, A. *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford, England: OUP. 1986.

_____. *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart and Winston. (Republished in 1979 – Hillsdale, NJ: Erlbaum.) 1978.

_____. Dual Coding Theory: Retrospect and Current Status. In: *Canadian Journal of Psychology – Outstanding Contributions Series*, 1991.

_____. *Mind and its evolution: A dual coding theoretical approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pollock, E., Chandler, P., Sweller, J. (2002). 2007.

PAIVIO, A, & BEGG, I. Psychology of language. Englewood CHffs, NJ: Prentice-Hall. 1981.

PALMER, S. E. The effects of contextual scenes on the identification of objects. *Memory and Cognition*. 3. 519-527. 1975.

PINKER, S. A theory of graph comprehension. In: FRIEDLE, R. (Ed.). *Artificial intelligence and the future of testing*. Norwood: Ablex, p. 73-126, 1990.

PINKER, S., & JACKENDOFF, R. The faculty of language: What's special about it? *Cognition*, 95, 201-236. 2005.

PUTNAM, H.. "Brains and Behavior", originally read as part of the program of the American Association for the Advancement of Science, Section L (History and Philosophy of Science), December 27, 1961. Reprinted in Block. 1980.

PYLYSHYN, Z. W. What the mind's eye tells the mind's brain: A critique of mental imagery. *Psychological Bulletin*. 80, 1-24. 1973.

_____. Imagery and Artificial Intelligence. In: *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, p. 19-55. 1978.

_____. The imagery debate: analogue media versus tacit knowledge. In: *Psychological Review*, v. 88, nº 1, p. 16-45. 1981.

_____. *Computation and Cognition: Toward a Foundation for Cognitive Science*, Cambridge, Mass: Bradford Books/MIT Press. 1984.

_____. Mental imagery: In search of a theory. *Behavioral and Brain Sciences*. 25, 157-238. 2002.

_____. *Seeing and Visualizing: It's Not What You Think*. Cambridge, MA: MIT Press. 563pp. 2003.

_____. Multiple object tracking. *Scholarpedia*. 2 (10): 3326. 2007.

RATWANI, TRAFTON & BOEHM-DAVIS. From specific extraction to inferences: A hierarchical framework of graph comprehension. *Proceedings of the human factors and ergonomics society 48th annual meeting*. 2004.

RAYNER, K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*. 1998.

_____. et al. Eye movements and visual encoding during scene perception. *Psychological Science*, 20 (1). 6-10. 2009.

RAYNER, Keith; LIVERSEDGE, Simon P. Visual and Linguistic Processing during Eye Fixations in Reading. In: HENDERSON, John M.; FERREIRA, Fernanda (ed.). *The Interface 255 of Language, Vision, and Action: Eye Movements and the Visual World*. New York: Psychology Press, 2004.

REISBERG, D. External representations and the advantages of externalizing one's thoughts. In E. Hunt (Ed.), *Proceedings of the 9th annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 281-293). Seattle, WA/Hillsdale, NJ: Erlbaum. 1987.

RICHARDSON, D.; SPIVEY, M. J. Eye-tracking: characteristics and methods. In: WNEK, G.; BOWLING, G. (Eds.). *Encyclopedia of biomaterials and biomedical engineering*. Nova Iorque: Informa Healthcare, 2004.

RODRIGUES, E. dos S. ; CORREA, L. M. S. . Controle executivo na resolução de tarefas linguísticas: mapeamento sentença-imagem em estruturas restritivas de alto custo de processamento. Comunicação apresentada no II EIPA- Encontro Internacional do GT de Psicolinguística da ANPOLL realizada na Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, 2013.

RODRIGUES, E. dos S. & NETO, J. Interface linguagem/visão e a leitura de gráficos. Trabalho apresentado no VII JEL, UERJ, 2012.

ROJO, R. Gêneros do discurso e gêneros textuais: questões teóricas e aplicadas. In: MEURER, J. L.; BONINI, A.; MOTTA-ROTH, D. (orgs.). *Gêneros: teorias, métodos e debates*. São Paulo: Parábola Editorial, 2005, p. 184-207.

_____. *Letramentos múltiplos, escola e inclusão social*. São Paulo: Parábola Editorial, 2009.

SANTANA, M. de S. A educação estatística com base num ciclo investigativo [manuscrito]: um estudo do desenvolvimento do letramento estatístico de estudantes de uma turma do 3º ano do ensino médio. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Departamento de Matemática. 2011.

SANTOS, A. F. de S. Imaginação: Reflexões sobre a possibilidade. Dissertação de Mestrado. Campos dos Goytacazes, RJ. UENF. 2011.

SEUFERT, T. Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, 227-237. 2003.

SCHNOTZ, W. An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia learning*. (pp. 49-69). Cambridge: Cambridge University Press. 2005.

SHIFFRIN, R. M.; & SCHNEIDER, W. Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190, 1977.

SOARES, Magda. *Alfabetização e letramento*. 2.ed. São Paulo: Contexto, 2004.

_____. *A reinvenção da alfabetização*. *Presença Pedagógica*, Belo Horizonte: Dimensão. V. 9, n. 52, p. 15-21, jul./ago. 2003.

_____. *Letramento: um tema em três gêneros*. 2.ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

SOUZA, J. A. de C. de. O infográfico e a divulgação científica midiática (DCM): (entre) texto e discurso. Tese Doutorado. UNISINOS. 2012.

SWALES, J. M. Genre analysis: english in academic and research settings. Nova Iorque: Cambridge University Press. 1990.

_____. Repensando gêneros: Uma nova abordagem ao conceito de comunidade discursiva. Trabalho apresentado no Re-thinking Genre Colloquium, Universidade de Carleton, Ottawa, p. 1-15 (trad. De Benedito Gomes Bezerra). 1992.

_____. Other floors, other voices: A textography of a small university building. London, Lawrence Erlbaum Associates, 230p, 1998.

TALMY, L. How language structures space. In H. Pick and L. Acredolo (Eds.), Spatial orientation: Theory, research, and application. New York: Plenum Press. 1983.

TRICKETT, S. B., RATWANI, R. M. & TRAFTON, J. G. Real world graph comprehension: High-level questions, complex graphs, and spatial cognition (no prelo).

UNDERWOOD, G., JEBBETT, L.; ROBERTS, K. Inspecting pictures for information to verify a sentence: Eye movements in general encoding and in focused search. The Quaterly Journal of Experimental Psychology, 57 A, 165-182. 2004.

WALLMANN, K. K. Enhancing statistical literacy: enriching our society. Journal of the American Statistical Association, 88 (421), 1-8. 1993.

WINSTON, P. H. Learning structural descriptions from examples. In: D. H. Winston (Ed.). The psychology of computer vision. New York: McGraw-Hill. 1975.

Apêndice A:

Folha de resposta para o levantamento sobre o grau de conhecimento prévio acerca do conteúdo expresso nas frases

ATIVIDADE- FOLHA DE RESPOSTA

NOME: _____

IDADE: _____

SÉRIE: _____

Escreva S (Sim) ou N (Não)

Treino 1

Treino 2

Treino 3

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	

Apêndice B:**Atividade de leitura 1 para escolha das frases que geram (mais ou menos) expectativas****ATIVIDADE DE LEITURA**

NOME: _____ IDADE: _____

SÉRIE: _____

LEIA AS FRASES E RESPONDA:

VERDADEIRO (V), FALSO (F) OU NÃO SEI (NS).

- 1) SP e RJ são os estados mais desenvolvidos da região do Sudeste.
- 2) Violência e desemprego são os piores problemas do mundo segundo brasileiros.
- 3) São Paulo e Rio de Janeiro são as cidades com pior trânsito do Brasil.
- 4) Coca cola é o refrigerante mais consumido entre os adolescentes cariocas.
- 5) Inglês é o idioma mais solicitado no mercado de trabalho.
- 6) Matemática é a disciplina que apresenta pior desempenho entre alunos do ensino fundamental.
- 7) Julia e Sofia são os nomes de menina mais registrados no Brasil.
- 8) Corinthians e Flamengo são os clubes de futebol mais populares do facebook.
- 9) Maranhão e Piauí são os estados que apresentam menor renda per capita do país.
- 10) Anchieta e Senador Camará são os bairros que possuem menor valor do metro quadrado.
- 11) San Pedro Sula, em Honduras, é a cidade mais violenta do mundo.
- 12) Região Norte possui o maior número de solteiros do Brasil.
- 13) Jornalismo é a carreira com piores condições de trabalho nos EUA.
- 14) SP é a capital com menos jovens expostos à violência.
- 15) Salvador e Rio de Janeiro são as cidades mais visitadas durante o Carnaval brasileiro.
- 16) Bicicleta é o meio de transporte menos poluente.

Apêndice C:
Atividade de leitura 2 para escolha das frases que geram (mais ou menos) expectativas.

ATIVIDADE DE LEITURA

NOME: _____ IDADE: _____ SÉRIE: _____

LEIA AS FRASES E RESPONDA:

VERDADEIRO (V), FALSO (F) OU NÃO SEI (NS).

1. Preto é a cor menos usada no Reveillon carioca.
2. Alface é o vegetal que possui menor número de calorias entre as verduras consumidas pelos brasileiros.
3. Carne vermelha é o alimento menos consumido durante a Semana Santa.
4. Educação e Saúde são os áreas que recebem o menor volume de recursos financeiros por parte do governo.
5. As regiões norte e nordeste possuem o menor número de pessoas alfabetizadas do país.
6. A região sul concentra o maior número de pessoas com pele branca do Brasil.
7. Facebook é a rede social mais acessada pelos brasileiros.
8. Copacabana é a praia no Brasil que recebe o maior número de turistas no Reveillon.
9. Corcovado e Pão de Açúcar são os pontos turísticos mais visitados no Rio.
10. Gol e Pálio são os carros mais vendidos no Brasil.
11. TAM e GOL são as maiores companhias aéreas do país.
12. Arroz e feijão são os alimentos mais consumidos diariamente.
13. Campo Grande e Bangu são os bairros mais populosos da zona oeste.
14. Assistir televisão e escutar música são as atividades preferidas da população brasileira em seu tempo livre.
15. Zico é o jogador mais famoso do Flamengo.
16. O centavo uzbeque é a moeda com menor valor do mundo.
17. O Brasil é o país que emite menor quantidade de gás carbônico entre os integrantes do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul).
18. Cuba é o país da América Latina que registra a menor taxa de mortalidade infantil.
19. Acerola e melão são as frutas que apresentam o menor número de calorias entre as frutas consumidas pelos brasileiros.
20. A MATTEL é a empresa que mais fabrica brinquedos no mundo entre as empresas do setor.
21. A Universidade Federal do Ceará foi a instituição pública de ensino superior mais procurada no SISU .
22. A carne suína é o tipo de carne mais consumida no mundo.
23. A BR101 e a BR316 são as estradas brasileiras com maior número anual de acidentes com morte.
24. Doenças cerebrovasculares e infarto são as doenças que mais matam no Brasil.
25. Flamengo é o time carioca com maior número de torcedores.
26. A Itália é o país do mundo que tem o menor número de crianças.
27. Brasil é o país com maior número de empregadas domésticas registradas no mundo.
28. Acesso aos e-mails e navegação na internet são as atividades mais praticadas por americanos em seus smartphones.

Apêndice D:
Atividade de leitura 3 para escolha das frases que geram (mais ou menos) expectativas

ATIVIDADE DE LEITURA

NOME: _____ IDADE: _____ SÉRIE: _____

LEIA AS FRASES E RESPONDA:

VERDADEIRO (V), FALSO (F) OU NÃO SEI (NS).

- 1) Jorge Paulo Lemann e José safra são os homens mais ricos do Brasil.
- 2) Homem de Ferro 3 é a maior bilheteria de cinema do ano no Brasil.
- 3) Facebook e Google Brasil são os sites mais acessados do país.
- 4) Beatles e Michael Jackson são os artistas que mais venderam discos na história da música.
- 5) Ford Focus e Honda New Fit são os carros menos poluentes do Brasil.
- 6) Faustão e Gugu são os apresentadores mais bem pagos da televisão brasileira.
- 7) Will Ferrell e Ewan Mc Gregor são os atores menos rentáveis de Hollywood.
- 8) Vaticano é o país menos populoso do mundo.
- 9) Catar e Luxemburgo são os países mais ricos do mundo.
- 10) Barcelona e Real Madrid são os times de futebol que possuem maior número de torcedores europeus.
- 11) Kaká é o jogador de futebol brasileiro mais bem pago do mundo.
- 12) Os cursos técnicos de manutenção de aeronaves e de mineração são os que oferecem os salários mais altos do mercado.
- 13) Soho e Tribeca são os bairros mais caros da cidade de Nova York.
- 14) James Patterson e Stephen King são os escritores mais bem pagos dos EUA em 2012.
- 15) Roberto Carlos foi o CD mais vendido de 2012.
- 16) Gol e Fiat Uno são os carros seminovos ou usados mais vendidos do país.
- 17) Descongestionante nasal e hormônio tireoidiano são os medicamentos mais vendidos no país.
- 18) Celulares são os produtos mais vendidos na internet.
- 19) Nova Zelândia e Dinamarca são os países menos corruptos.
- 20) Bolívia é o país menos amigável para turistas.
- 21) Canadá e Nova Zelândia são os países que mais consomem maconha.
- 22) Rio de Janeiro é o estado que possui maior número de pessoas morando sozinhas no país.
- 23) Somália e Papua Nova Guiné são os países com maior número de pessoas sem acesso à água potável.
- 24) Minas Gerais e São Paulo são os estados que possuem maior número de municípios do país.
- 25) Espírito Santo é o estado brasileiro com mais servidores públicos contratados.
- 26) Twitter e You Tube são consideradas as ferramentas da internet mais importantes direcionadas aos professores.
- 27) Edir Macedo é o pastor mais rico do Brasil.

Apêndice E:

Lista de frases conhecidas/desconhecidas para o experimento com gráficos de colunas

FRASES CONHECIDAS

- 1) A bicicleta é o meio de transporte menos poluente.
- 2) Preto é a cor menos usada no Reveillon carioca.
- 3) As regiões Norte e Nordeste possuem o menor número de pessoas alfabetizadas do país.
- 4) TV Câmara e TV Senado são os programas televisivos menos assistidos pela população brasileira.
- 5) Copacabana é a praia que recebe o maior número de turistas no Reveillon.
- 6) Flamengo é o time carioca com o maior número de torcedores.
- 7) São Paulo e Rio de Janeiro são os estados mais desenvolvidos da região Sudeste.
- 8) Salvador e Rio de Janeiro são as cidades mais visitadas durante o carnaval brasileiro.

FRASES DESCONHECIDAS

- 1) O aeroporto de Cuiabá tem a menor nota na avaliação dos usuários.
- 2) Islândia é o país que apresenta a menor taxa de mortalidade infantil.
- 3) Maranhão e Piauí são os estados que apresentam o menor PIB per capita da região Nordeste.
- 4) Anchieta e Senador Camará são os bairros cariocas que possuem o menor valor do metro quadrado.
- 5) San Pedro Sula é a cidade das Américas com o maior número de homicídios por habitante.
- 6) A região Norte possui o maior número de solteiros do Brasil.
- 7) Soho e Tribeca são os bairros com os imóveis mais caros de Nova Iorque.
- 8) Espírito Santo e Paraíba são os estados brasileiros com mais servidores públicos contratados.

Apêndice F:**Lista de frases para o experimento de gráficos de linhas
(*Psyscope*)**

1. O número de analfabetos do país diminuiu no intervalo de 3 anos.
2. A taxa de inadimplência no comércio aumentou nos últimos anos.
3. O número de brasileiros com acesso à internet aumentou entre 2007 e 2011.
4. O número de doadores de órgãos no estado do RJ cresceu entre 2010 e 2012.
5. A taxa básica de juros recuou nos últimos 5 anos.
6. A mortalidade infantil brasileira diminuiu em 10 anos.
7. O consumo de calçados no Brasil cresceu entre 2008 e 2010.
8. A venda de carro zero no país cresceu nos últimos 5 anos.
9. A renda dos jovens com ensino superior aumentou nos últimos 3 anos.
10. A taxa de fecundidade no Brasil diminuiu no intervalo de 10 anos.
11. A frota de automóveis das metrópoles brasileiras cresceu no período de 10 anos.
12. O preço do etanol sofreu queda no segundo trimestre de 2013.
13. O número de cirurgias plásticas em adolescentes aumentou em 4 anos.
14. A taxa de homicídios no país aumentou em 30 anos.
15. A busca do consumidor por crédito recuou no período de 3 meses.
16. A popularidade da presidente Dilma sofreu queda nos últimos 3 meses após protestos no país.

Apêndice G:
Lista de frases para o experimento de gráficos de linhas
(Rastreador ocular)

CC- CONGRUENTE/CORRETA

1. O número de analfabetos do país diminuiu 5% entre 2010 e 2012.
2. Os casos de inadimplência no comércio aumentaram 10% entre 2011 e 2013.
3. O número de internautas no Brasil com acesso à internet aumentou 15% entre 2007 e 2009.
4. O número de doadores de órgãos no Acre cresceu 5% no período de 2010 a 2014.
5. O valor das ações da AMBEV diminuiu 10% no período de 2009 a 2013.
6. As vendas de imóveis no ES caíram 5% no período de 2008 a 2012.

CI- CONGRUENTE/INCORRETA

7. O faturamento das empresas de brinquedo recuou 5% entre 2010 e 2012.
8. Os casos de mortalidade infantil brasileira diminuíram 10% entre 2007 e 2011.
9. O consumo de calçados no Brasil cresceu 20% entre 2008 e 2010.
10. A venda de carro zero no país cresceu 10% no período de 2008 a 2012.
11. O número de produtores orgânicos aumentou 20% no período de 2009 a 2013.
12. O número de desempregados em SP diminuiu 10% no período de 2010 a 2012.

IC- INCONGRUENTE/CORRETA

13. O número de cirurgias plásticas aumentou 10% entre 2008 e 2012.
14. O número de homicídios no país aumentou 20% entre 2011 e 2013.
15. A busca do consumidor por crédito recuou 10% entre 2009 e 2013.
16. O número de eleitores da presidente Dilma diminuiu 5% no período de 2011 a 2013.

- 17. O número de cheques devolvidos aumentou 5% no período de 2010 a 2012.
- 18. O número de mortes em confronto com a PM diminuiu 5% no período de 2009 a 2013.

II - INCONGRUENTE/INCORRETA

- 19. A renda dos jovens com ensino superior aumentou 10% entre 2008 e 2012.
- 20. O número de crianças nascidas no Brasil diminuiu 5% entre 2009 e 2013.
- 21. A frota de automóveis das metrópoles brasileiras cresceu 15% entre 2008 e 2012.
- 22. O preço do etanol reduziu 5% no período de 2010 a 2012.
- 23. O número de professores diplomados no país cresceu 10% no período de 2010 a 2012.
- 24. O número de fumantes no Brasil diminuiu 20% no período de 2006 a 2010.

Apêndice H: Experimento para os graduandos de Engenharia (Lista 1)

Você participará de uma atividade de leitura.

Sua tarefa é indicar se a figura combina com a frase lida.

Em caso afirmativo, pressione S (SIM).

Em caso negativo, pressione N (NÃO).

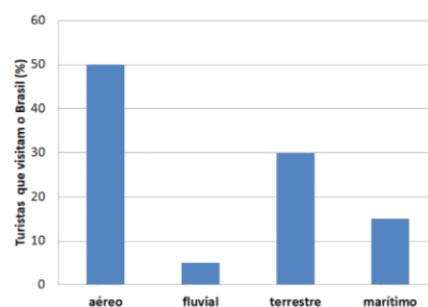
Para prosseguir, pressione ESPAÇO.

Antes, vamos treinar com algumas frases.

**PREPARE-SE.
VAMOS COMEÇAR!**

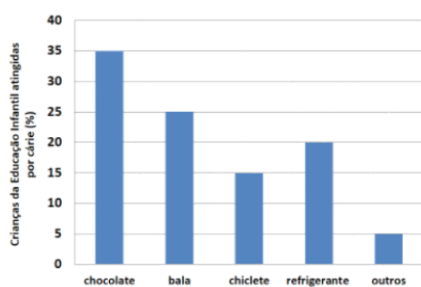
TREINO 1

O transporte aéreo é o mais utilizado pelos turistas que visitam o Brasil.

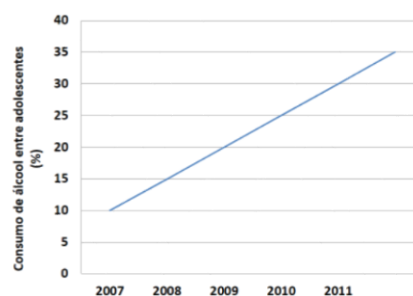


TREINO 2

**Chocolate e bala são os maiores
causadores de cáries em crianças da
Educação Infantil.**

**TREINO 3**

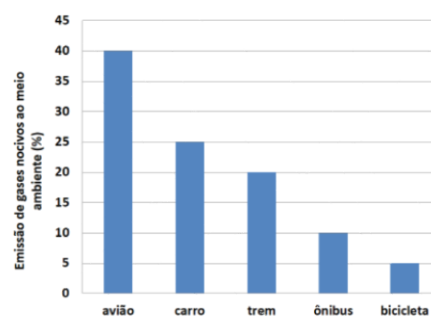
**O consumo de álcool entre adolescentes
vem diminuindo desde 2007.**



O treino terminou.
AGORA VAMOS COMEÇAR PARA
VALER.
PREPARE-SE!

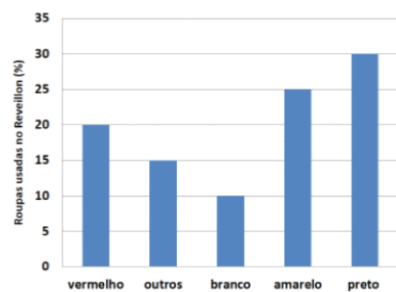
FRASE 1

A bicicleta é o meio de transporte menos
poluente.



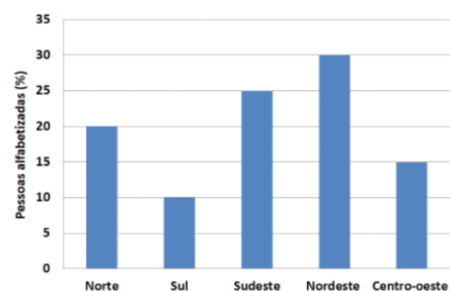
FRASE 2

Preto é a cor menos usada no Reveillon
carioca.



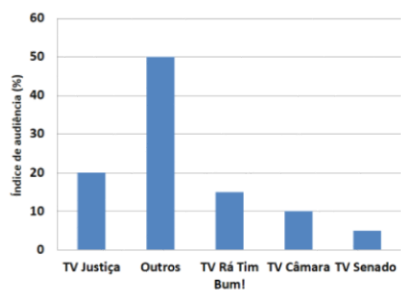
FRASE 3

As regiões Norte e Nordeste possuem o menor número de pessoas alfabetizadas do país.



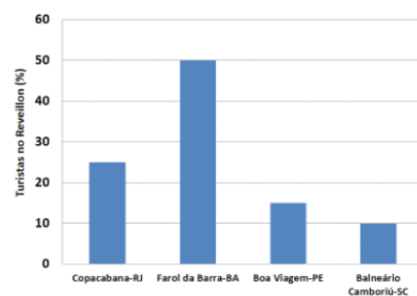
FRASE 4

TV Câmara e TV Senado são os programas televisivos menos assistidos pela população brasileira.



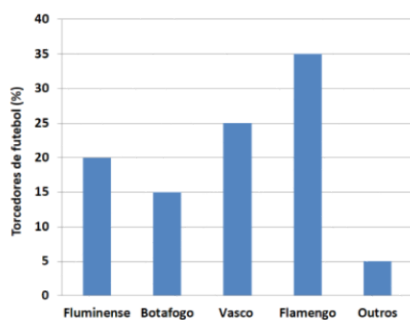
FRASE 5

Copacabana é a praia no Brasil que recebe o maior número de turistas no Reveillon.



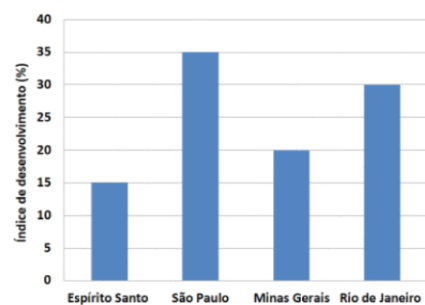
FRASE 6

Flamengo é o time carioca com maior número de torcedores.



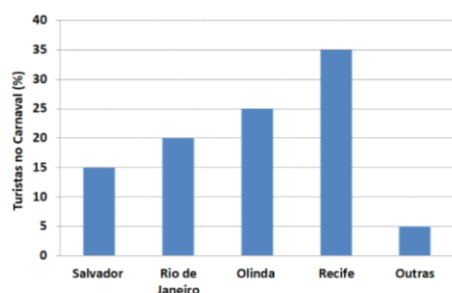
FRASE 7

SP e RJ são os estados mais desenvolvidos da região Sudeste.



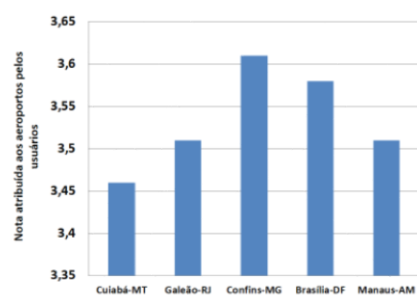
FRASE 8

Salvador e Rio de Janeiro são as cidades mais visitadas durante o carnaval brasileiro.



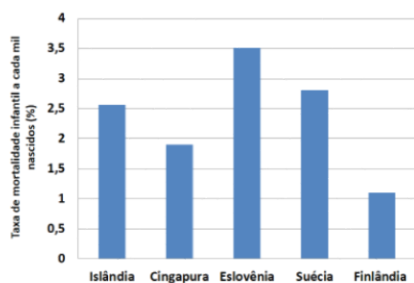
FRASE 9

O aeroporto de Cuiabá recebeu as menores notas na avaliação dos usuários de todo país.



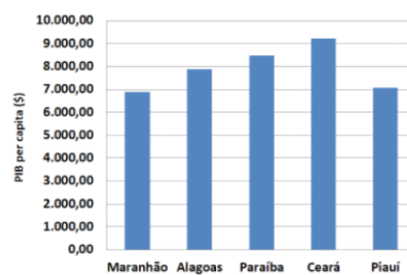
FRASE 10

Islândia é o país que apresenta menor taxa de mortalidade infantil.



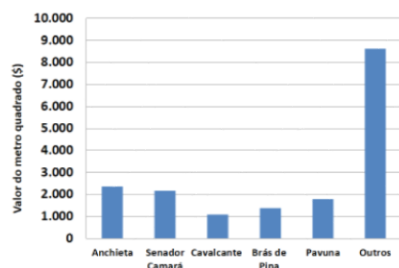
FRASE 11

Maranhão e Piauí são os estados que apresentam menor PIB per capita da região Nordeste.



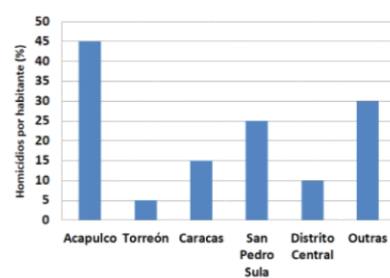
FRASE 12

Anchieta e Senador Camará são os bairros cariocas que possuem menor valor do metro quadrado.



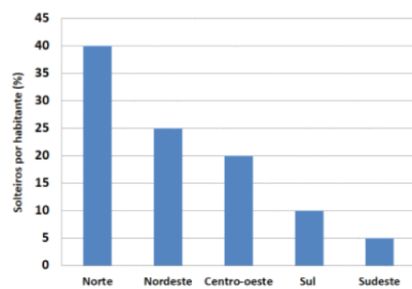
FRASE 13

San Pedro Sula, em Honduras, é a cidade com maior número de homicídios por habitante no mundo.



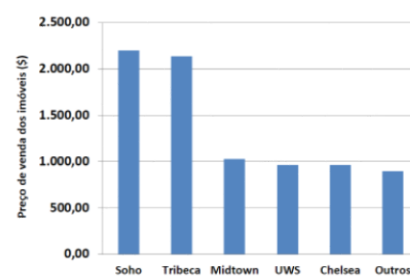
FRASE 14

A Região Norte possui o maior número de solteiros do Brasil.



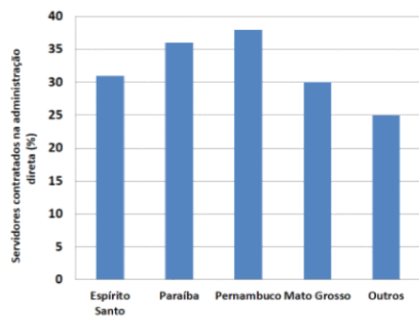
FRASE 15

Soho e Tribeca são os bairros com imóveis mais caros da cidade de Nova York.



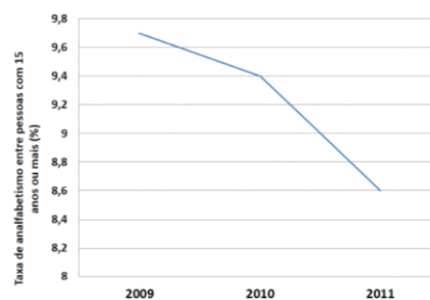
FRASE 16

Espírito Santo é o estado brasileiro com mais servidores públicos contratados.



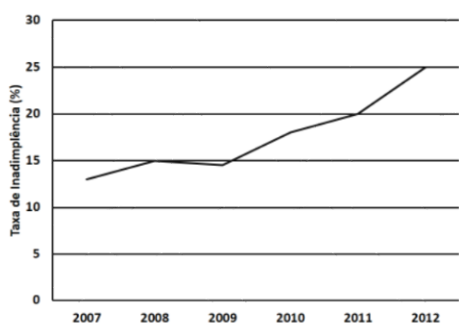
FRASE 17

O número de analfabetos do país diminuiu no intervalo de três anos.



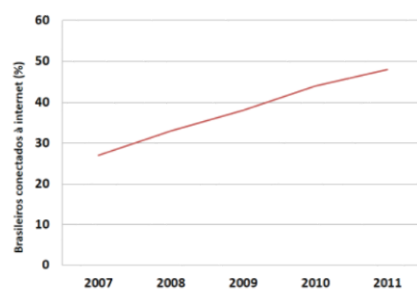
FRASE 18

A taxa de inadimplência no comércio aumentou nos últimos anos.



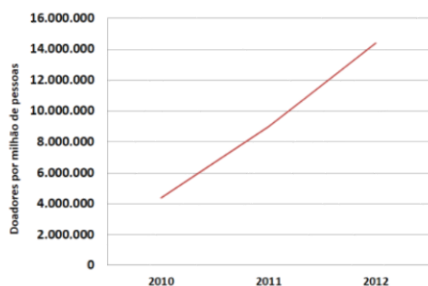
FRASE 19

O número de brasileiros com acesso à internet aumentou entre 2007 e 2011.



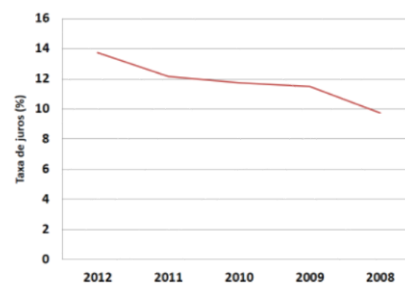
FRASE 20

O número de doadores de órgãos no estado do Rio de Janeiro cresceu entre 2010 e 2012.



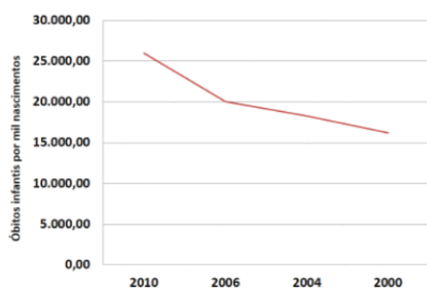
FRASE 21

A taxa básica de juros recuou nos últimos cinco anos.



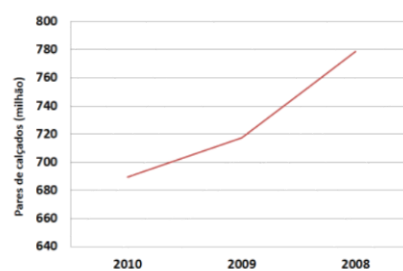
FRASE 22

A mortalidade infantil brasileira diminuiu em dez anos.



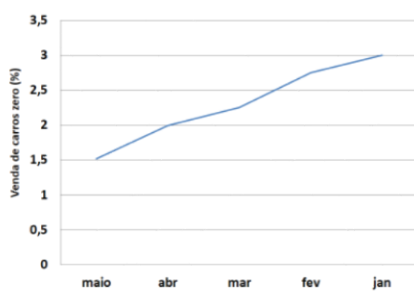
FRASE 23

O consumo de calçados no Brasil cresceu entre 2008 e 2010.



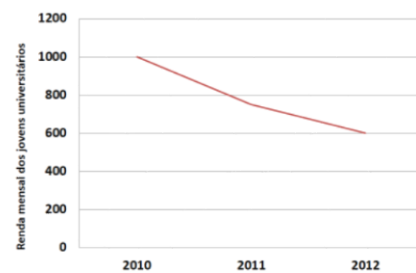
FRASE 24

A venda de carro zero no país cresceu nos últimos cinco meses de 2013.



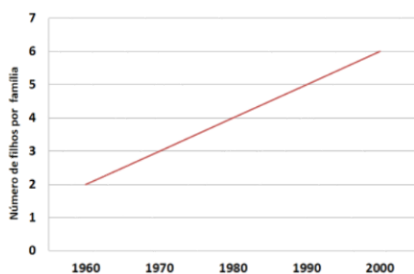
FRASE 25

A renda dos jovens com ensino superior aumentou nos últimos três anos.



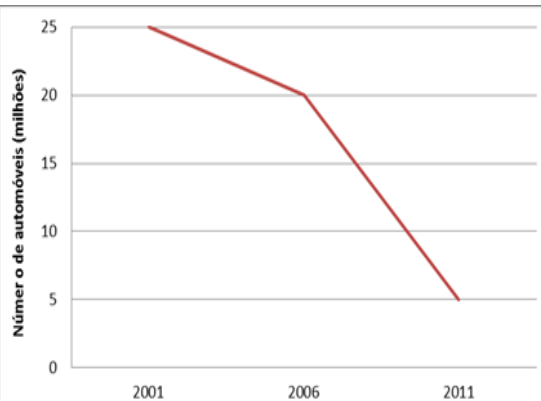
FRASE 26

A taxa de fecundidade no Brasil diminuiu no intervalo de dez anos.



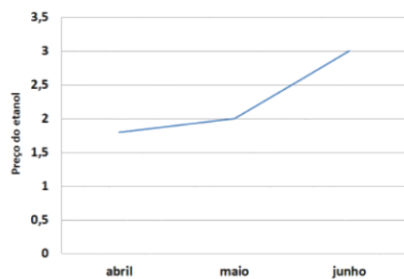
FRASE 27

A frota de automóveis nas metrópoles brasileiras cresceu no período de dez anos.



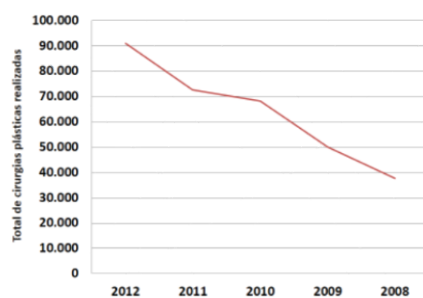
FRASE 28

O preço do etanol sofreu queda no segundo trimestre de 2013.



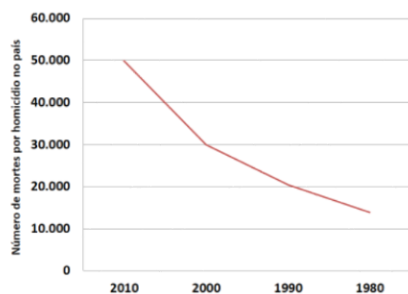
FRASE 29

O número de cirurgias plásticas em adolescentes aumentou em quatro anos.



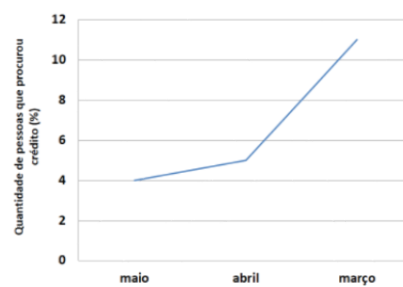
FRASE 30

A taxa de homicídios no país aumentou em trinta anos.



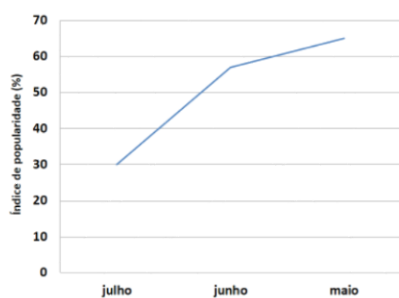
FRASE 31

**A busca do consumidor por crédito recuou
no período de três meses.**



FRASE 32

**A popularidade da presidente Dilma
sofreu queda nos últimos três meses após
protestos no país.**



Fim da atividade.
Obrigada pela participação!
Pressione ESPAÇO para sair.

Apêndice I: Experimento para os graduandos de Engenharia (Lista 2)

Você participará de uma atividade de leitura.

Sua tarefa é indicar se a figura combina com a frase lida.

Em caso afirmativo, pressione S (SIM).

Em caso negativo, pressione N (NÃO).

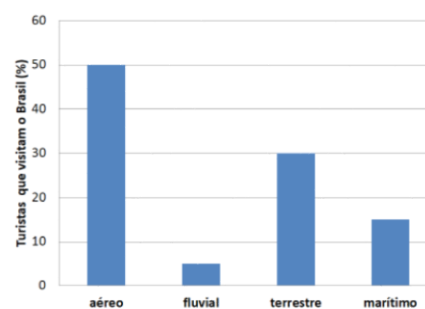
Para prosseguir, pressione ESPAÇO.

Antes, vamos treinar com algumas frases.

**PREPARE-SE.
VAMOS COMEÇAR!**

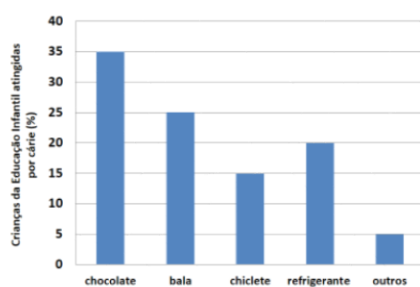
TREINO 1

O transporte aéreo é o mais utilizado pelos turistas que visitam o Brasil.

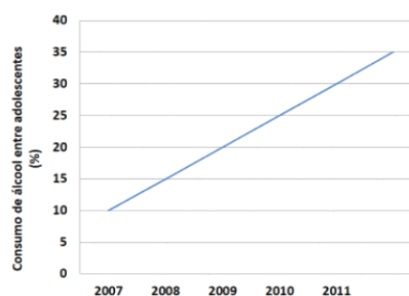


TREINO 2

**Chocolate e bala são os maiores
causadores de cáries em crianças da
Educação Infantil.**

**TREINO 3**

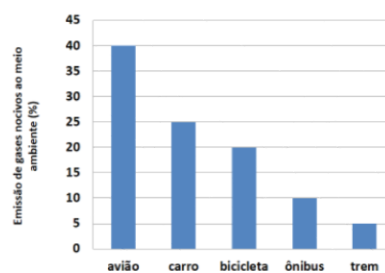
**O consumo de álcool entre adolescentes
vem diminuindo desde 2007.**



O treino terminou.
AGORA VAMOS COMEÇAR PARA
VALER.
PREPARE-SE!

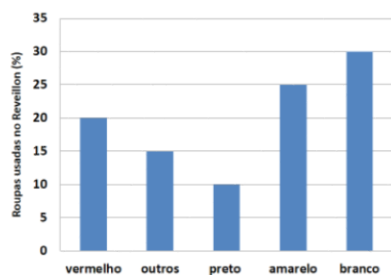
FRASE 1

A bicicleta é o meio de transporte menos
poluente.



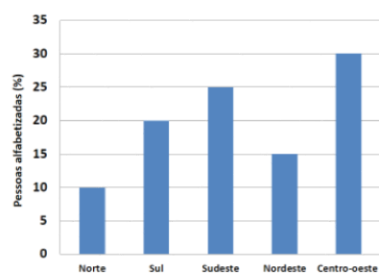
FRASE 2

Preto é a cor menos usada no Reveillon
carioca.



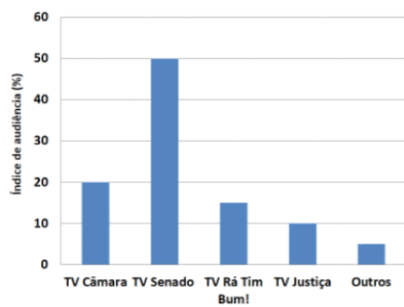
FRASE 3

As regiões Norte e Nordeste possuem o menor número de pessoas alfabetizadas do país.



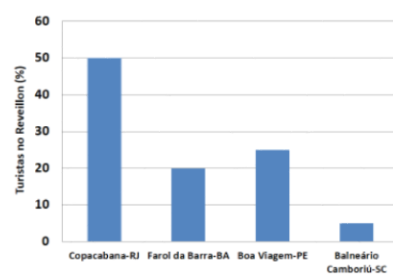
FRASE 4

TV Câmara e TV Senado são os programas televisivos menos assistidos pela população brasileira.



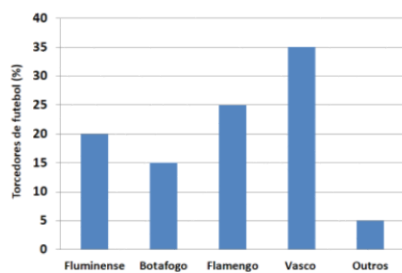
FRASE 5

Copacabana é a praia no Brasil que recebe o maior número de turistas no Reveillon.



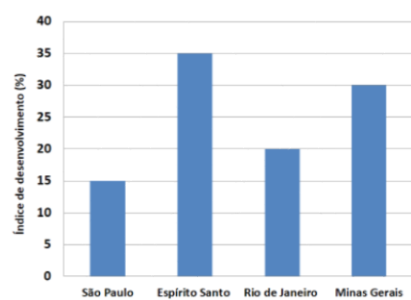
FRASE 6

Flamengo é o time carioca com o maior número de torcedores.



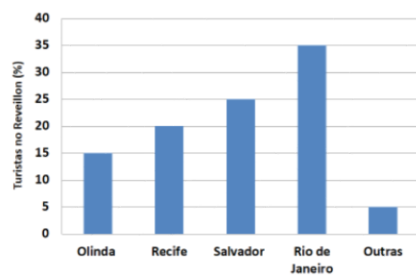
FRASE 7

SP e RJ são os estados mais desenvolvidos da região Sudeste.



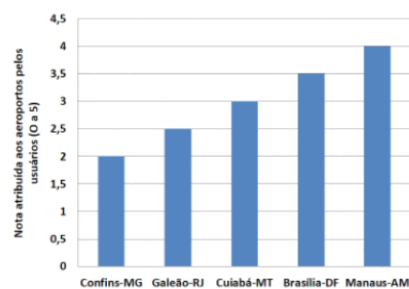
FRASE 8

Salvador e Rio de Janeiro são as cidades mais visitadas durante o carnaval brasileiro.



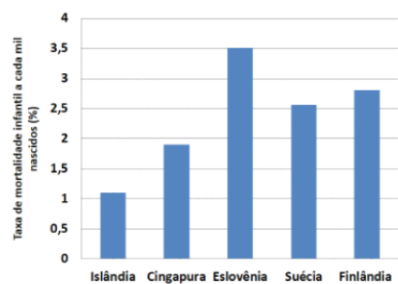
FRASE 9

O aeroporto de Cuiabá tem a menor nota na avaliação dos usuários.



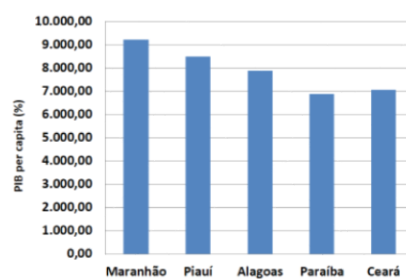
FRASE 10

Islândia é o país que apresenta a menor taxa de mortalidade infantil.



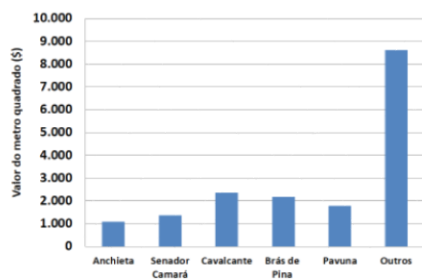
FRASE 11

Maranhão e Piauí são os estados que apresentam o menor PIB per capita da região Nordeste.



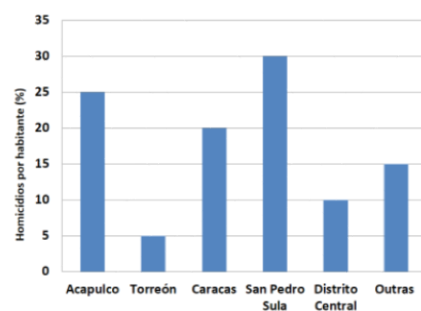
FRASE 12

Anchieta e Senador Camará são os bairros cariocas que possuem o menor valor do metro quadrado.



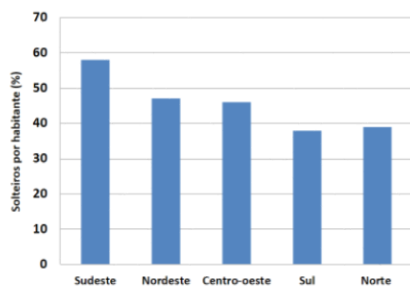
FRASE 13

San Pedro Sula é a cidade das Américas com o maior número de homicídios por habitante.



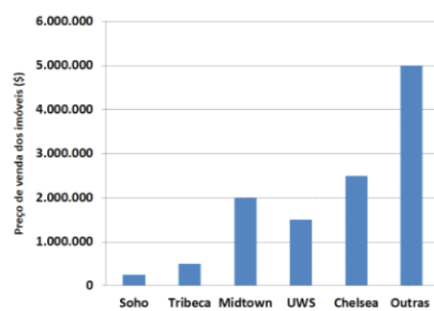
FRASE 14

A Região Norte possui o maior número de solteiros do Brasil.



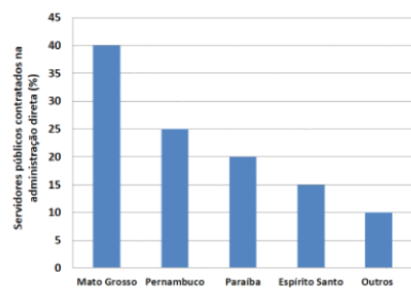
FRASE 15

Soho e Tribeca são os bairros com os imóveis mais caros da cidade de Nova York.



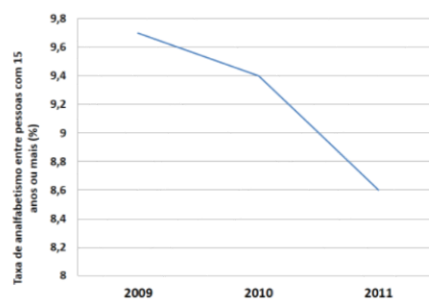
FRASE 16

Espírito Santo e Paraíba são os estados brasileiros com mais servidores públicos contratados.



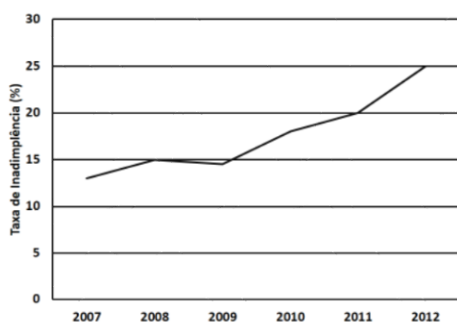
FRASE 17

O número de analfabetos do país diminuiu no intervalo de três anos.



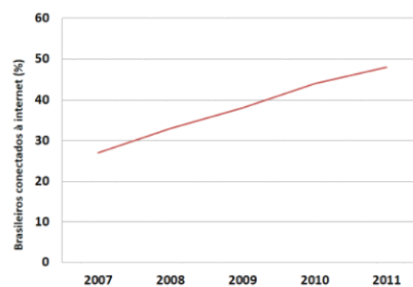
FRASE 18

A taxa de inadimplência no comércio aumentou nos últimos anos.



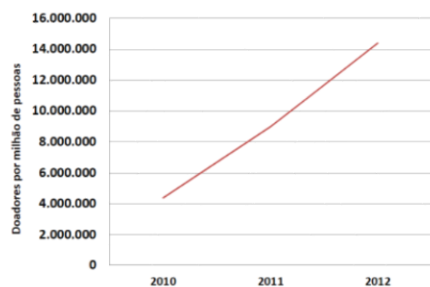
FRASE 19

O número de brasileiros com acesso à internet aumentou entre 2007 e 2011.



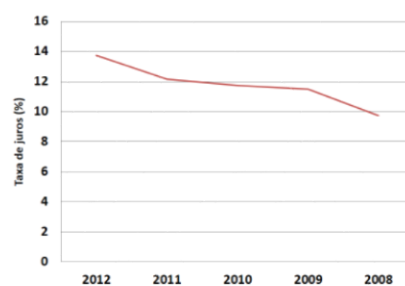
FRASE 20

O número de doadores de órgãos no estado do Rio de Janeiro cresceu entre 2010 e 2012.



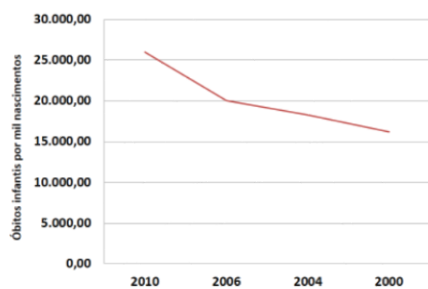
FRASE 21

A taxa básica de juros recuou nos últimos cinco anos.



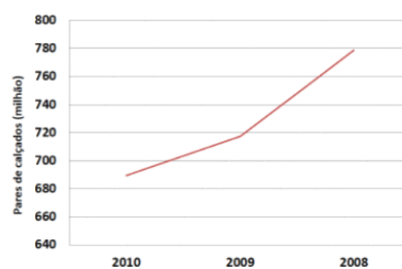
FRASE 22

A mortalidade infantil brasileira diminuiu em dez anos.



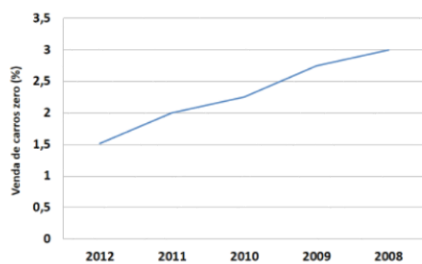
FRASE 23

O consumo de calçados no Brasil cresceu entre 2008 e 2010.



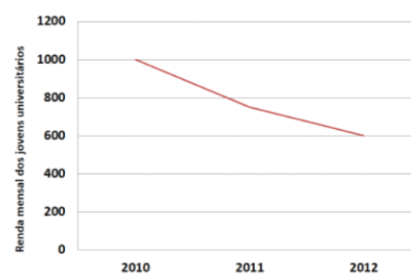
FRASE 24

A venda de carro zero no país cresceu nos últimos cinco anos.



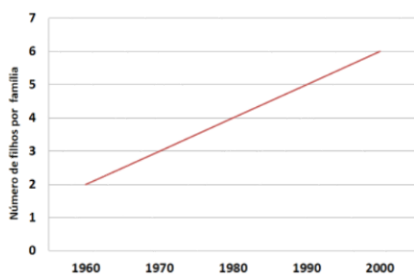
FRASE 25

A renda dos jovens com ensino superior aumentou nos últimos três anos.



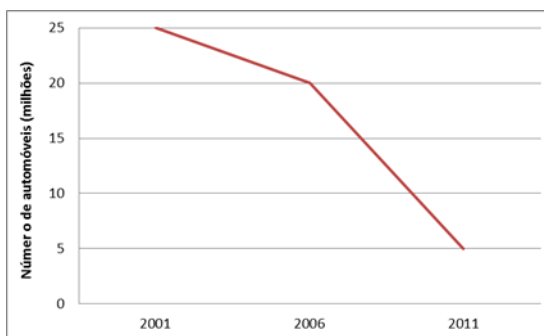
FRASE 26

A taxa de fecundidade no Brasil diminuiu no intervalo de dez anos.



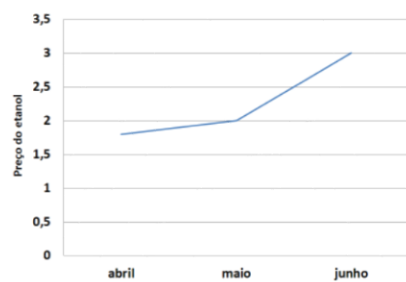
FRASE 27

A frota de automóveis nas metrópoles brasileiras cresceu no período de dez anos.



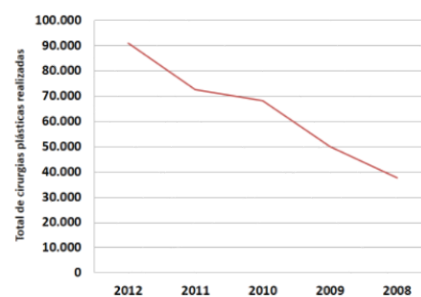
FRASE 28

O preço do etanol sofreu queda no segundo trimestre de 2013.



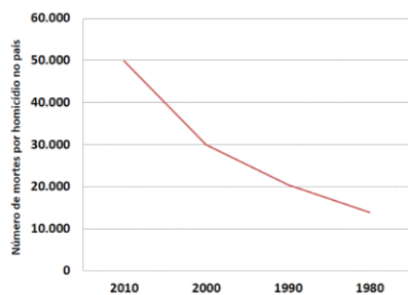
FRASE 29

O número de cirurgias plásticas em adolescentes aumentou em quatro anos.



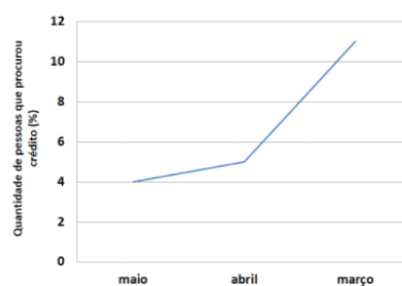
FRASE 30

A taxa de homicídios no país aumentou em trinta anos.



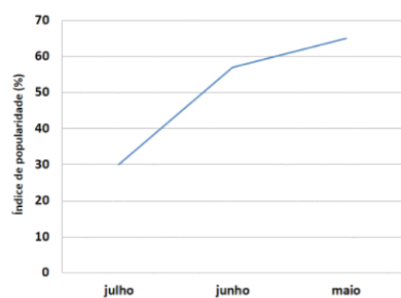
FRASE 31

**A busca do consumidor por crédito recuou
no período de três meses.**



FRASE 32

**A popularidade da presidente Dilma
sofreu queda nos últimos três meses após
protestos no país.**



Fim da atividade.
Obrigada pela participação!
Pressione ESPAÇO para sair.

Apêndice J: Estímulos experimentais para gráficos de linha (*Rastreador ocular*)

