

ASPECTOS HISTÓRICOS DA EVOLUÇÃO DAS IDEIAS SOBRE LOCALIZACIONISMO CEREBRAL DA LINGUAGEM

Dra. Marta Pinheiro¹

RESUMO: O estudo discute aspectos históricos da evolução das ideias sobre localizacionismo cerebral da linguagem, desde a frenologia clássica do século XIX até o desenvolvimento das técnicas de neuroimagem funcional do século XX, com o objetivo de destacar a importância da Neurociência enquanto facilitadora de compreensões mais integradas de Educação.

PALAVRAS-CHAVE: Localizacionismo cerebral da linguagem. Neurociência. História da ciência. Educação.

HISTORICAL ASPECTS OF DEVELOPMENT ABOUT CEREBRAL LANGUAGE LOCALIZATION IDEAS

ABSTRACT: The study discuss the historical aspects of the evolution about cerebral language localization ideas, since phrenology classic nineteenth century to the development of the twentieth century functional neuroimaging techniques, with the goal of highlighting the importance of Neuroscience to permit more integrated understandings of Education.

KEY WORDS: Cerebral language localization. Neuroscience. History of science. Education.

¹ Docente/Pesquisadora da Universidade Federal do Paraná. Email: mapi@ufpr.br

I INTRODUÇÃO

A compreensão de que a linguagem humana tem uma base neurobiológica é recente para a maioria dos educadores. Fortemente influenciados pelas concepções espiritualistas (mentalistas, idealistas) muitos ainda acreditam que as funções mentais complexas, como a linguagem e a memória, mesmo tendo relações com o cérebro, são emergentes, isto é, obedecem a uma lógica própria, independente dele. [Entendendo a concepção espiritualista como aquela que admite que a matéria é mera criação da mente (espírito), em contraposição à concepção materialista, que admite que todas as funções mentais são originárias da atividade cerebral.]

Como bem destaca Lent (2001, p.19), contudo, desde o século XIX os materialistas apresentaram melhores argumentos e suas teses constituíram explicações mais sólidas para os dados obtidos pela experimentação científica. Entre essas teses, destaca-se a teoria da localização cerebral das funções mentais que em síntese, admite que todas as funções mentais, das mais simples as mais complexas, são originadas da atividade cerebral e estão localizadas em regiões cerebrais específicas.

A história da localização cerebral da linguagem começou no final do século XVIII, com os estudos de Franz Joseph Gall (1758-1828) e de Johann Caspar Spurzheim (1776-1832). Juntamente com Pierre-Paul Broca (1824-1880) e Jean-Marie-Pierre Flourens (1794-1867), estes médicos deram início ao debate entre localizacionistas e anti-localizacionistas (globalistas, unitaristas). Os primeiros defendiam a ideia de que a linguagem estava representada em uma região cerebral específica, enquanto os anti-localizacionistas acreditavam que a linguagem era um processo dinâmico oriundo da integração funcional de todo o cérebro, estando representada simultaneamente em todas as (ou em muitas) regiões cerebrais.

No século XIX, indivíduos com distúrbios da fala e da compreensão foram a principal fonte de dados para a proposição de modelos de mecanismos cerebrais da linguagem. Tais modelos, aliados aos estudos realizados no século XX com técnicas de imagem funcional, métodos eletrofisiológicos, e observações de pacientes neurológicos e indivíduos normais, promoveram a revisão dos conceitos localizacionistas clássicos e levaram a mapeamentos corticais cada vez mais complexos. (BUCHPIGUEL, 1996, p.49; POSNER; LEVITIN, 2004, p.127).

As novas abordagens metodológicas (técnicas de neuroimagem, instrumentos de avaliação neuropsicológica, métodos de intervenção neuropsicológica, entre outros) aproximaram a Neurociência da Educação, ajudando os educadores a entender que, se o aprendizado ocorre no sistema nervoso, é fundamental aliar conhecimentos de Neurociência às teorias educacionais. (FACCHINI, 2001, p.93-101; CARVALHO, 2010, p.387-406; GUERRA, 2010, p.7-9).

O estudo apresenta uma revisão histórica sobre as bases conceituais da pesquisa neurobiológica no campo da linguagem, com o objetivo de contribuir para que os educadores vençam as inibições quanto à separação dos eventos mentais e físicos e compreendam a importância da Neurociência enquanto facilitadora de compreensões mais integradas de Educação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na história dos eventos que conduziram a construção do conhecimento até a Neurociência, a linguagem sempre foi tema dominante de preocupação, discussões e investigações acadêmicas e científicas em geral.

Documentos antigos, entre eles o papiro egípcio Edwin Smith [assim chamado em homenagem ao arqueólogo norte-americano Edwin Smith (1822-1906) que o adquiriu, em 1862], comprovam que já na Antiguidade (o papiro foi datado em cerca de 1550 a.C.) tinha-se conhecimento da relação entre transtornos da linguagem e lesões cerebrais: dentre os casos detalhadamente descritos, pelo menos um refere-se à perda da fala como consequência de uma fratura na região temporal. (VENDRELL, 1998, p. 19; CASTRO-CALDAS, 2004, p.106).

Na cultura ocidental, o primeiro a propor que a mente humana é criada pelo cérebro foi o filósofo e médico Alcmeon de Crotona (c. 500-450 a.C.), mas foi com o médico Hipócrates de Cós (c. 460-377 a.C.) que a proposta de Alcmeon ganhou força e divulgação. Na chamada *Coleção Hipocrática* (“*Corpus hippocraticum*”), um conjunto de textos médicos, o cérebro é apontado como a sede do julgamento, das emoções e de todas as atividades do intelecto, assim como a causa dos transtornos neurológicos; no *Tratado Dos Ferimentos da Cabeça*, há referências sobre vários tipos de paralisias e

distúrbios na fala. (CASTRO; LANDEIRA-FERNANDEZ, 2011). Médicos hipocráticos também estavam cientes da inervação contralateral e da associação entre paralisia do lado direito do corpo e perda da fala. (FINGER, 2000, p.30; KRISTENSEN; ALMEIDA; GOMES, 2001, p. 263).

Os estudos de Galeno (c.130-201) contribuíram, entre outros, para o desenvolvimento da teoria ventricular (doutrina celular) aceita por médicos e religiosos católicos por mais de mil anos. (FINGER, 2000, p. 53-54; LENT, 2001, p.20). Em síntese, essa teoria admite que os processos mentais estão localizados nos ventrículos cerebrais, ou seja, que as funções mentais não ocorrem na matéria cerebral, mas em seus espaços internos; cada ventrículo é responsável por uma função mental específica (embora as opiniões diferissem sobre qual função mental estava localizada em cada uma das três cavidades ventriculares), mas a linguagem não foi diretamente referida. (CLARKE; DEWHURST, 1996, p.8-53).

Durante a Renascença, os avanços no conhecimento anatômico e fisiológico do sistema nervoso acabaram por desacreditar a teoria ventricular e casos de alterações da linguagem após lesão cerebral chamaram a atenção de médicos que propuseram ser o distúrbio provocado por fragmentos da calota craniana que permaneciam no cérebro. (ENGELHARDT; ROZENTHAL; LAKS, 1995, p.108).

Em 1770, o médico alemão Johann August Philipp Gesner (1738-1801) publicou um trabalho sobre “Amnésia da linguagem”, sugerindo que ela não era causada pelo dano focal de uma unidade anatômica e funcional específica, mas era consequência de uma lentidão geral do processo mental. (LUZZATI, 2002, p. 29).

Assim, até o século XVIII, já se havia acumulado um razoável conhecimento sobre a relação entre distúrbios da linguagem e lesão cerebral. O interesse pela investigação de suas bases neurológicas, contudo, permanecia escasso.

Os estudos de Franz Joseph Gall constituem um marco na reversão desta questão. Enquanto anatomista com experiência no atendimento de pacientes com distúrbios de linguagem e adepto da escola de Psicologia escocesa das faculdades mentais (que combina conhecimento fisiológico, conhecimento psicológico e de prática clínica), Gall propôs uma tese organológica que, em síntese, admite que o encéfalo é um conjunto de órgãos separados, cada um dos quais controla uma faculdade mental

ou moral inata separada, localizada em área específica de sua superfície. O desenvolvimento desses órgãos leva ao surgimento de proeminências e depressões no crânio que, assim correlacionadas, permitem avaliar quais faculdades mentais e morais se encontram pouco ou muito desenvolvidos no indivíduo. Em outras palavras, Gall acreditava que o exame atento do crânio (cranioscopia) podia revelar a existência de depressões e/ou saliências ósseas decorrentes do desenvolvimento escasso ou acentuado das faculdades mentais e morais, e assim determinar traços de personalidade.

A ideia de que as faculdades mentais e morais se encontravam localizadas em áreas específicas e circunscritas do encéfalo deu origem à chamada teoria da localização cerebral das funções mentais e ao surgimento dos primeiros mapas corticais, ditos frenológicos em alusão ao termo frenologia (do grego, *phrén*, *phrenós* = alma, inteligência, espírito) cunhado por seu aluno e colaborador Johann Caspar Spurzheim. (MARSHALL; GURD, 1995/6, p.297; CLARKE; DEWHURST, 1996, p. 95-103.).

A observação relativa à linguagem originou a tese organológica (o encéfalo é um conjunto de órgãos separados, cada um dos quais controla uma “faculdade” mental ou moral isolada) de Gall. Enquanto aluno, este era brilhante na escola, mas tinha dificuldades em decorar suas lições; por isso, irritava-se ao perceber que colegas que acreditava ser menos inteligentes eram capazes de memorizar suas lições com facilidade. Para Gall, esses colegas tinham olhos exorbitados e ele se perguntava se não havia ligação entre a memória verbal e estes olhos salientes. Já formado, Gall deduziu que nos indivíduos com uma boa memória verbal, os olhos saltavam um pouco além da órbita por estarem sendo pressionados por alguma força vinda do interior. Ou seja, a pressão decorreria de uma hipertrofia do córtex frontal situado atrás da órbita. Assim, a memória verbal (“*wortsinn*”) deveria ter sua sede na região retro-orbitária dos lobos frontais. (LEBRUN, 1983, p.10). Além da memória verbal, Gall também localizou o “sentido da linguagem” (“*spachsinn*”), na região anterior dos dois lobos frontais.

O principal oponente de Gall foi o fisiologista francês Jean-Marie Pierre Flourens; este acreditava que as funções mentais não dependem de áreas particulares do encéfalo, mas que este órgão funciona como um todo, de modo orquestrado,

integrado, não sendo possível prever os efeitos específicos de qualquer forma de lesão. Suas ideias anteciparam a noção de equipotencialidade cortical (diferentes áreas corticais são funcionalmente equivalentes) desenvolvida por Karl Spencer Lashley (1890-1958), e deram origem ao movimento que resultou na teoria anti-localizacionista (holista ou unitarista) da função cerebral que, em síntese, admite que as funções mentais são processos dinâmicos oriundos da integração funcional de todo o cérebro.

Na continuação dada a corrente de pensamento localizacionista, o médico e pesquisador francês Jean-Baptiste Bouillaud (1796-1881), um dos grandes defensores das ideias de Gall, procurou demonstrar através de provas anátomo-clínicas, como diferentes alterações da linguagem (particularmente da linguagem articulada) estavam relacionadas a distintas áreas corticais, especialmente em sua dimensão antero-posterior.

A comprovação de que regiões específicas do cérebro estão relacionadas com diferentes funções cognitivas só ocorreu, contudo, na segunda metade do século XIX. Em abril de 1861, o colaborador de Bouillaud e também anatomista francês Pierre-Paul Broca apresentou na Sociedade de Antropologia de Paris, o cérebro do paciente M. Leborgne, mais conhecido como “senhor Tan” por ser a única sílaba que, em vida, conseguia falar. O órgão apresentava uma lesão na base do terceiro giro frontal esquerdo. (MONOD-BROCA, 2001, p.801). O estudo foi publicado na íntegra, ainda em 1861, pelo Boletim da Sociedade de Anatomia de Paris, e Broca denominou o distúrbio de afemia (do grego, *áphemos* = que não fala + ia). (BROCA, 1861, p.331).

Em 1863, desafiado por casos aparentemente contraditórios apresentados pelo neurologista Jean-Martin Charcot (1825-1893), Broca apresentou oito casos de pacientes que tinham perdido a capacidade de falar, todos portadores de lesões no lobo frontal do hemisfério esquerdo. A lateralidade das lesões chamou a sua atenção e Broca espantou os presentes com uma afirmação que se tornou célebre na história da Neurociência: “nós falamos com o hemisfério esquerdo”.

Poucos dias antes, neste mesmo ano de 1863, o médico Gustave Dax (1815-1893) enviou às Academias de Ciência e de Medicina de Paris, um manuscrito que incluía tanto os resultados dos estudos de seu pai, o também médico Marc Dax (1770-1837), quanto os seus próprios, reconhecendo a correlação entre danos no hemisfério

cerebral esquerdo e distúrbios da fala. Segundo Gustave, já em 1836 seu pai havia apresentado a sua descoberta, baseada no estudo de vários pacientes, em um congresso realizado na cidade de Montpellier, França.

Em 1865, os trabalhos de Broca, Marc e Gustave Dax foram publicados. Broca, contudo, nunca admitiu conhecer a contribuição dos Dax e sempre declarou ter sido o primeiro a propor a teoria da dominância hemisférica (em síntese, admite que no que tange a linguagem expressiva, o hemisfério esquerdo é dominante sobre o direito, ou seja, o direito exerce apenas papel coadjuvante ou secundário). (FINGER; ROE, 1996, p.808-809; LOKHORST, 1996, p.294).

Nove anos depois, portanto em 1874, o neurologista alemão Carl Wernicke (1848-1905) demonstrou que, assim como uma lesão unilateral anterior é suficiente para perturbar a expressão oral, uma lesão no primeiro giro temporal esquerdo causa frequentes problemas de compreensão da linguagem falada. Esses problemas são associados a uma linguagem fluente, mas que faz pouco ou nenhum sentido (contraria a lógica ou se desvia da norma ou dos padrões comuns), sendo que a pessoa erra ao usar palavras ou sons. Wernicke denominou o distúrbio de afasia [termo cunhado por Armand Trousseau (1801-1867), em 1861-4] sensorial, para fazer contraste com a afasia motora descrita por Broca. (ENGELHARDT; LAKS; ROZENTHAL, 1996, p.21).

Wernicke considerou a possibilidade de uma lesão afetar as fibras associativas que conectam o primeiro giro temporal ao terceiro giro frontal do hemisfério esquerdo, e postulou a existência de um tipo de afasia, denominada por ele de afasia de condução, no qual o paciente compreenderia a linguagem dos outros e seria capaz de apresentar fala fluente, mas cometendo erros de repetição e de resposta a comandos verbais.

Deve-se também a Wernicke a elaboração do primeiro modelo científico do processamento neurolinguístico. O modelo considera que a área de Broca contém os programas motores da fala (as memórias dos movimentos), enquanto a área descrita por ele contém as memórias dos sons que compõem as palavras, possibilitando a sua compreensão. Quando as duas áreas se conectam a pessoa associa a compreensão das palavras ouvidas com a sua própria fala. Anatomicamente, as duas áreas estão conectadas por um feixe de fibras nervosas (feixe ou fascículo arqueado) que se encontra imerso na substância branca cortical. Wernicke previu corretamente que uma

lesão desse feixe deveria provocar uma afasia de condução. (LENT, 2001, p.635-636).

Uma vez que os centros relacionados à linguagem começavam a ser isolados, as associações entre eles, em termos de fibras nervosas, passaram a ser o foco de atenção. Em torno deste localizacionismo revitalizado, um conjunto de autores, denominados associacionistas, centralizou seus interesses. Entre eles, destacam-se, além do trabalho do próprio Wernicke, os estudos de Henry Charlton Bastian (1837-1915), Joseph-Jules Déjerine (1849-1917), Ludwig Lichtheim (1845-1928), e Jean-Martin Charcot (1825-1893), particularmente no que tange às conceituações teóricas na forma de diagramas. (MACIEL JR, 1996, p. 171; KRISTENSEN; ALMEIDA; GOMES, 2002, p.264).

No início do século XX, os defensores da abordagem anti-localizacionista das funções mentais gradualmente ganharam supremacia. Especialistas influentes, entre eles o neurologista inglês John Hughlings Jackson (1835-1911), Sigmund Freud (1856-1939), e o neurologista francês Pierre Marie (1853-1940) concebiam a afasia como uma desordem de natureza intelectual, unitária, e não como um distúrbio primário da linguagem. Dessa forma, não reconheciam a existência de diferentes áreas corticais relacionadas à linguagem.

Baseado em detalhadas observações clínicas, Jackson propôs que a organização cerebral dos processos mentais complexos devia ser abordada do ponto de vista do nível da construção de tais processos, em vez do da sua localização em áreas específicas do encéfalo. Assim, Jackson formulou uma teoria da organização neurológica da função mental que admite que esta não é resultante do funcionamento de um grupo circunscrito de células que se organizam em “centros”, mas resulta de uma complexa organização vertical ditada pela evolução encefálica. Esta função está primeiramente representada em um nível “inferior” (automático; medula e tronco encefálico), posteriormente rerepresentada em um nível “intermediário” (voluntário; porções motora e sensorial do córtex cerebral), e finalmente rerepresentada em um nível “superior” (voluntário; porções frontais do córtex cerebral). Daí, segundo Jackson, a localização de um sintoma que acompanha uma lesão de uma determinada área não podia ser identificada com a localização dessa lesão (ou seja, existe uma grande diferença entre localizar a área lesada que destruiu a linguagem e localizar a linguagem

em alguma área do cérebro). A função podia se originar de maneira muito mais complexa e podia ter uma organização encefálica bastante diferente, de acordo com a noção de dissolução de função (passagem do mais organizado para o menos organizado, do mais complexo para o mais simples, do voluntário para o automático). (TONI; ROMANELLI; SALVO, 2005, p. 50-51; PINHEIRO, 2005/6, p.10). Os estudos de Jackson contribuíram decisivamente para o desenvolvimento posterior da proposição da teoria do sistema funcional [termo originalmente proposto pelo neurologista russo Pieter Kuzmitch Anokhin (1898-1974)] de Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934) e Aleksander Romanovich Luria (1902-1977). (LURIA, 1981; BURZA, 1986).

Pierre Marie denominou a afemia de Broca de anartria, e propôs como seu substrato uma área extensa, compreendendo uma região córtico-subcortical, englobando a circunvolução da ínsula e os núcleos cinzentos motores subcorticais. Para ele, em todo afásico existe um comprometimento mais ou menos pronunciado da compreensão da linguagem falada. Desse modo, toda afasia motora pura é uma anartria, enquanto a cegueira verbal pura é uma agnosia especializada para os signos gráficos da linguagem. (SANVITO, 1991, p.126).

Na década de 1930, chegou-se a uma situação de estancamento no que tange ao problema da localização cerebral das funções mentais superiores. Os méritos e deméritos das duas teorias sobre o tema podem ser assim resumidos: localizacionismo cerebral (anatômico ou clássico) – dados positivos: admite que todos os processos mentais superiores resultam do funcionamento cerebral; estabelece a relação de determinadas áreas cerebrais implicadas no funcionamento de processos psicológicos superiores específicos; estabelece a diferenciação funcional de ambos os hemisférios cerebrais, precisando a dominância da linguagem expressiva no hemisfério esquerdo. Dados negativos: fortalece a tendência a identificar ou reduzir as complexas funções mentais superiores a pequenas ou circunscritas áreas neurais; fortalece a concepção de que as funções mentais superiores são realizadas ou executadas pelas propriedades inatas e intrínsecas do tecido neural, assim como pela maturação inata das estruturas cerebrais. Anti-localizacionismo cerebral - dados positivos: estabelece a ideia de compreender as funções mentais superiores como sistemas complexos que implicam uma topografia expandida no córtex cerebral; estabelece a ideia de

organização e aporte funcional diferenciado por níveis dos distintos setores do SNC; valoriza a plasticidade do cérebro para restabelecer funções alteradas. Dados negativos: fortalece a tendência a interpretar na forma espiritualista ou dualista as funções cognitivas, ou seja, a compreendê-las sem uma relação específica e concreta com o cérebro humano; fortalece a tendência ao trabalho indiferenciado, do ponto de vista funcional, das diferentes áreas cerebrais (primárias, secundárias, e terciárias ou de associação). (VENDRELL, 1998, p.23).

Nas décadas de 1950 e 1960, entretanto, as velhas ideias localizacionistas de Broca e de Wernicke começaram a ser reativadas. De um lado, com as pesquisas sobre especialização dos hemisférios cerebrais que levaram o psicólogo norte-americano Roger Wolcott Sperry (1913-1994) a receber o prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia, em 1981. Sperry, e posteriormente Michael Saunders Gazzaniga (1939-), realizou experimentos utilizando como sujeitos indivíduos com o encéfalo dividido, isto é, pacientes cujas comissuras cerebrais haviam sido interrompidas cirurgicamente, revelando que as especialidades dos hemisféricos podem ser bem diferentes e que, raramente, a especialização hemisférica significa exclusividade funcional. O hemisfério esquerdo controla a fala em mais de 95% dos indivíduos, mas isto não quer dizer que o direito não participe; é a prosódia do hemisfério direito que confere à fala nuances afetivas essenciais para a comunicação interpessoal. (LENT, 2001, p.644-646; BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002, p.651-653).

O conceito de dominância hemisférica de Broca foi então substituído pela concepção moderna de especialização funcional dos hemisférios cerebrais. (LENT, 2001, p.642-643; PINEL, 2005, p.422-449). Esta concepção em síntese admite que não existe um hemisfério dominante e outro dominado, mas sim dois hemisférios especialistas: um dos hemisférios se encarrega de um grupo de funções, enquanto o segundo encarrega-se de outro; às vezes são estratégias funcionais que diferenciam um hemisfério do outro.

O conceito de especialização hemisférica proposto não deve ser confundido com dois outros relacionados, o de lateralidade e o de assimetria. Lateralidade hemisférica é um conceito essencialmente funcional. Significa que enquanto algumas funções (como a visão) são representadas igualmente em ambos os hemisférios, outras

(como a fala) são representadas apenas de um lado. Assimetria hemisférica é um conceito mais geral, que engloba o de lateralidade e apresenta-se sob várias modalidades: assimetrias morfológicas, assimetrias funcionais, e assimetrias comportamentais. A linguagem é a mais assimétrica das funções mentais humanas. (GALABURDA; LeMAY; KEMPER, et al, 1978, p.852; GESCHWIND; GALABURDA, 1985, p.431-438; LENT, 2001, p.643; CASTRO-CALDAS, 2004, p.176; HUGDAHL, 2005, p.120-121).

Ao divulgarem a descoberta da especialização hemisférica, contudo, os meios de comunicação incorporaram à questão uma visão exageradamente simplista: um dos hemisférios seria “racional” e o outro “emocional” (intuitivo); um deles seria “científico” e o outro “artístico”. Tais dicotomias exageradas levaram à recomendações não científicas do tipo “pense com o hemisfério direito”, “aja com o hemisfério esquerdo”. Levaram também a especulações a respeito das implicações da especialização hemisférica no desempenho escolar. (SPRINGER; DEUTSCH, 1998, p.316; LENT, 2001, p.642-648).

Ainda na década de 1960, o médico norte-americano Norman Geschwind (1926-1984) e seu colega Walter S. Levitsky Jr. (1931-2010) re-analisaram a questão das assimetrias cerebrais, postulando que a dominância cerebral está fundamentalmente ligada à existência de assimetrias anatômicas em geral e que, em particular, a dominância do hemisfério esquerdo para a linguagem falada tem uma relação essencial com a assimetria do plano temporal, uma região localizada na superfície superior do lobo temporal, por dentro da fissura (ou sulco) lateral de Sylvius. (GESCHWIND; LEVITSKY, 1968, p.186).

Baseando-se, inicialmente, em estudos de caso de pacientes afásicos com AVCs, tumores e ferimentos penetrantes no cérebro, Geschwind também acrescentou alguns dados novos e uma interpretação criteriosa às ideias localizacionistas associacionistas de Wernicke e propôs um modelo de processamento neurolinguístico que ficou conhecido como modelo de Wernicke-Geschwind. Este modelo teorizava que determinadas áreas do cérebro envolvidas na linguagem dedicavam-se a uma atividade específica e completa como a fala, a compreensão ou a leitura, e que grandes, circunscritas, e homogêneas áreas do córtex cerebral esquerdo dedicavam-se

unicamente à linguagem. (KANDEL; SCHWARTZ; JESSEL, 2000, p.510-511). Devido à falta de apoio empírico para suas principais previsões, o modelo de Wernicke-Geschwind foi, contudo, amplamente superado pela nova abordagem ao estudo dos mecanismos cerebrais da linguagem e suas disfunções. (PINEL, 2005, p.445).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem neurocientífica da linguagem, iniciada na década de 1970, distingue-se da abordagem tradicional por sua metodologia que inclui a utilização de técnicas de neuroimagem, destacando-se os exames estruturais ou anatômicos como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, e os exames funcionais, como a tomografia por emissão de pósitrons (PET), a tomografia computadorizada por emissão de fóton único (SPECT) e a ressonância magnética funcional (fMRI).

O avanço das técnicas de diagnóstico por imagem revolucionou o estudo da localização da linguagem, pois permitiu conhecer aspectos estruturais e funcionais do cérebro outrora estudados apenas através de peças anatômicas ou modelos teóricos e experimentais. Estas técnicas revelaram que as áreas do cérebro envolvidas com a linguagem não se dedicam unicamente a este propósito (por exemplo, algumas das áreas do cérebro que participam da memória de curta duração e do reconhecimento de padrões visuais também estão claramente envolvidas com a leitura); estas áreas são provavelmente pequenas, amplamente distribuídas e especializadas; além das áreas clássicas, outras áreas encefálicas (corticais e subcorticais) são relevantes para a linguagem; o hemisfério direito desempenha um papel muito mais importante na compreensão da linguagem, especialmente no processamento de discurso, do que anteriormente se pensava, entre outros. (CAPLAN; CARR; GOULD, et al, 1999, p.1487; BATES; DICK, 2000, p.19-20; DRONKERS; PINKER; DAMASIO, 2003, p.1181-1182; NEWMAN; JUST; MASON, 2004, p.71).

As evidências produzidas por estas novas abordagens metodológicas exigiram a re-interpretação das ideias localizacionistas acerca da linguagem ou da Neurobiologia da linguagem. (MARSHALL; FINK, 2003, p. 56-57; STOWE; HAVERKORT; ZWARTS, 2005, p. 1003-1035).

Assumindo o aprendizado como um processo que ocorre no cérebro, os educadores passaram a buscar informações fornecidas pela Neurociência para desenvolver ferramentas que pudessem ser utilizadas tanto no ensino de crianças normais e de crianças com distúrbios de aprendizagem, quanto na caracterização da funcionalidade cerebral dessas crianças. (ROCHA; RONDÓ; FOZ, 2000, p.203-211; VASCONCELLOS, 2005, p.171-183).

REFERÊNCIAS

- ANTUNHA, Elsa Lima G. Avaliação neuropsicológica dos sete aos onze anos. In: BOSSA, Nádía A.; OLIVEIRA, Vera Barros de (Orgs.). **Avaliação psicopedagógica da criança de sete a onze anos**. 10. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1996. p.111-126.
- BATES, Elizabeth; DICK, Frederic. Beyond phrenology: brain and language in the next millenium. **Brain and Language**, Nova York, v.71, n.1, p.18-21, jan. 2000.
- BEAR, Mark F.; CONNORS, Barry W.; PARADISO, Michael A. Cap. 20. Linguagem e atenção. In: BEAR, Mark F.; CONNORS, Barry W.; PARADISO, Michael A. **Neurociências – desvendando o sistema nervoso**. 2.ed. Porto Alegre: ARTMED, 2002. p.637-674.
- BUCHPIGUEL, Carlos Alberto. Neuroimagem funcional em neuropsicologia. Cap. 3. In: NITRINI, Ricardo; CARAMELLI, Paulo; MANSUR, Letícia L. **Neuropsicologia: das bases anatômicas à reabilitação**. Ribeirão Preto, SP: HCFMUSP, 1996. p. 49-58.
- BURZA, João Belline. **Cérebro, neurônio, sinapse: teoria do sistema funcional de P.K. Anokhin, seguidor avançado de I. P. Pavlov**. São Paulo: Ícone, 1986.
- BROCA, Paul. Remarques sur lè siège de la faculté du langage articulé, suivies d'une observation d'aphémie (perte de la parole). **Bulletin de la Société Anatomique**, Paris, v.6, p.330-357, 1861. Disponível em: <<http://psychclassics.yorku.ca/Broca/aphemie.htm>> Acesso em: 18 jun. 2009.
- CAPLAN, David; CARR, Thomas; GOULD, James; MARTIN, Randi. Language and communication. Cap. 57. In: ZIGMOND, Michael J.; BLOOM, Floyd E.; LANDIS, Story C. et al. **Fundamental neuroscience**. São Diego, CA: Academic Press, 1999. p. 1487-1519.

CARVALHO, Fernanda Antoniollo Hammes de. Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente. **Trabalho, Educação e Saúde** (Online), Rio de Janeiro, v.8, n.3, p.387-406, nov. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1981-77462010000300012&script=sci_arttext> Acesso em: 18 jan. 2013.

CASTRO-CALDAS, Alexandre. Neuropsicologia da linguagem. Cap. 9. In: ANDRADE, Vivian M.; SANTOS, Flávia H. dos; BUENO, Orlando F.A. **Neuropsicologia Hoje**. São Paulo: Artes Médicas, 2004. p.165-207.

CASTRO, Fabiano S.; LANDEIRA-FERNANDEZ, J. Alma, corpo e a antiga civilização grega: as primeiras observações do funcionamento cerebral e das atividades mentais. **Psicologia: reflexão e crítica**, Porto Alegre, v. 24, n. 4, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-79722011000400021&script=sci_arttext Acesso em: 26 dez. 2012.

CLARKE, Edwin; DEWHURST, Kenneth. **An illustrated history of brain function: imaging the brain from antiquity to the present**. 2.ed. São Francisco: Norman Publishing, 1996.

DAMASIO, Antonio R.; GESCHWIND, Norman. The neural basis of language. **Annual Reviews of Neuroscience**, Palo Alto, v.7, n.1, p.127-147, 1984.

DRONKERS, Nina F.; PINKER, Steven; DAMASIO, Antonio. A linguagem e as afasias. Cap. 59. In: KANDEL, Eric R.; SCHWARZ, James H.; JESSEL, Thomas M. **Princípios de neurociência**. 4.ed. Barueri, SP: Manole, 2003.

ENGELHARDT, Elias; LAKS, Jerson; ROZENTHAL, Márcia. Neuropsicologia VII – Distúrbios da linguagem. Afasias – aspectos neuroclínicos/neuropsicológicos. **Revista Brasileira de Neurologia**, Rio de Janeiro, v.32, n.1, p.21-26, jan./fev. 1996.

ENGELHARDT, Elias; ROZENTHAL, Márcia; LAKS, Jerson. Neuropsicologia. II- História. **Revista Brasileira de Neurologia**, Rio de Janeiro, v.31, n.2, p.107-113, mar./abr. 1995.

FACCHINI, Luciana. Brainpower: a compreensão neuropsicológica do potencial da mente de um bebê. **Educação**, Porto Alegre, v.XXIV, n.45, p.93-106, nov. 2001.

FINGER, Stanley. **Minds behind the brain: a history of the pioneers and their discoveries**. Nova York: Oxford University Press, 2000.

FINGER, Stanley; ROE, Daniel. Gustave Dax and the early history of cerebral dominance. **Archives of Neurology**, Chicago, v.53, n.8, p.806-813, ago. 1996.

GALABURDA, Albert M.; LeMAY, Marjorie; KEMPER, Thomas L.; GESCHWIND,

Norman. Right-left asymmetries in the brain: structural differences between the hemispheres may underlie cerebral dominance. **Science**, Washington, v.199, n.4331, p.852-856, fev.1978.

GESCHWIND, Norman; GALABURDA, Albert M. Cerebral lateralization – biological mechanisms, associations, and pathology: I. a hypothesis and a program for research. **Archives of Neurology**, Chicago, v.42, n.1-6, p.428-459, jan./jun. 1985.

GESCHWIND, Norman; LEVITSKY, Walter. Human brain: left-right asymmetries in temporal speech region. **Science**, Washington, v.161, p.186-187, 1968.

GUERRA, Leonor B. Como as neurociências contribuem para a educação escolar? **Fundação Guimarães Rosa em Revista**, Belo Horizonte, ano 4, n. 5, p.7-9, out. 2010. Disponível em: <http://www.fgr.org.br/site/revistas/revista_5edicao.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2012.

HUGDAHL, Kenneth. Symmetry and asymmetry in the human brain. **European Review**, Reino Unido, v. 13, supl., n. 2, p. 119–133, 2005. Disponível em: <http://www.acadeuro.org/fileadmin/user_upload/publications/ER_Symmetry_supplement/Hugdahl.pdf>. Acesso em: 24 dez. 2012.

KANDEL, Eric R.; SCHWARTZ, James H.; JESSEL, Thomas M. Cap. 34. A linguagem. In: KANDEL, Eric R.; SCHWARTZ, James H.; JESSEL, Thomas M. **Fundamentos da neurociência e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p.505-517.

KRISTENSEN, Christian H.; ALMEIDA, Rosa Maria M; GOMES, William B. Desenvolvimento histórico e fundamentos metodológicos da neuropsicologia cognitiva. **Psicologia: reflexão e crítica**, Porto Alegre, v.14, n.2, p.259-274, out./dez. 2001.

LEBRUN, Yvan. **Tratado de afasia**. São Paulo: Panamed, 1983.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios** – conceitos fundamentais de neurociência. São Paulo: Atheneu, 2001.

LOKHORST, Gert-Jan C. The first theory about hemispheric specialization: fresh light on an old codex. **Journal of the History of Medicine and Allied Sciences**, Londres, v.51, n.3, p.239-312, jul. 1996.

LURIA, Aleksandr R. **Fundamentos de neuropsicologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1981.

LUZZATI, C. Johann August Philipp Gesner (1738-1801). A review of his essay “the language amnésia” in the bicentennial anniversary of his death. **Journal of the History of the Neuroscience**, Londres, v.11, n.1, p.29-34, mar. 2002.

- MACIEL JR, Jayme A. Processamento da linguagem: modelos anátomo-funcionais. Cap. 11. In: NITRINI, Ricardo; CARAMELLI, Paulo; MANSUR, Letícia L. **Neuropsicologia: das bases anatômicas à reabilitação**. Ribeirão Preto, SP: HCFMUSP, 1996. p. 171-181.
- MARSHALL, John C.; FINK, Gereon R. Cerebral localization, then and now. **NeuroImage**, São Diego, v.20, supl.1, p.52-57, nov. 2003.
- MARSHALL, John C.; GURD, Jennifer, M. Johann Gaspar Spurzheim: quack or thomist? **Journal of Neurolinguistic**, Grã Bretanha, v.9, n.4, p.297-299. 1995/6.
- MARSHALL, Randolph S.; LAZAR, Ronald M.; MOHR, J.P. **Aphasia. Medical Update for Psychiatrists**, Nova York, v.3, n.5, p.132-138, set. 1998.
- MONOD-BROCA, P. Paul Broca: 1824-1880. **Annales de Chirurgie**, Paris, v.126, n.8, p.801-807, out. 2001.
- NEWMAN, Sharlene D.; JUST, Marcel A.; MASON, Robert. Compreendendo o texto com o lado direito do cérebro. Cap. 3. In: RODRIGUES, Cássio; TOMITCH, Leda Maria Braga e cols. **Linguagem e cérebro humano**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 71-117.
- PINEL, John P. J. Biopsicologia. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- PINHEIRO, Marta. As bases biológicas da neuropsicologia: uma contribuição à formação de educadores. **Temas sobre Desenvolvimento**, São Paulo, v.14, n.83-84, p.4-13, 2005/6.
- POSNER, Michael I.; LEVITIN, Daniel J. Imaginando o futuro. Cap. 6. In: SOLSO, Robert L (Org.). **Ciências da mente e do cérebro no século XXI**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004. p.119-38.
- ROCHA, Armando F. da; RONDÓ, Andréa G.; FOZ, Flávia B. Cérebro, cognição e o aprender. In: GONÇALVES, Maria de Jesus; MACEDO, Elizeu C.; SENNEY, Alexa L. et al. (Orgs.). **Tecnologia em (re)habilitação cognitiva 2000**. São Paulo: Centro Universitário São Camilo, 2000. p.203-211.
- SANVITO, Wilson Luiz. **O cérebro e suas vertentes**. 2.ed. São Paulo: Roca, 1991.
- SPRINGER, Sally P.; DEUTSCH, Georg. **Cérebro esquerdo, cérebro direito**. São Paulo: Summus, 1998.
- STOWE, Laurie A.; HAVERKORT, Marco; ZWARTS, Frans. Rethinking the neurological basis of language. **Lingua**, Nova York, v.115, n.7, p.997-1042, jul. 2005.
- TONI, Plínio M. de; ROMANELLI, Egídio J.; SALVO, Caroline G. de. A evolução da Neuropsicologia: da Antiguidade aos tempos modernos. **Psicologia Argumento**, Curitiba, v.23, n.41, p.47-55, abr./jun. 2005.

VASCONCELOS, Leila. Neuropsicologia da atividade matemática: aspectos funcionais. In: RIBEIRO DO VALLE, Luiza Elena L. (Org.). **Neuropsicologia & aprendizagem, para viver melhor**. Ribeirão Preto, SP: Tecmedd, 2005. p.171-183.

VENDRELL, Joseph M. A evolução da ciência neuropsicológica e sua importância no mundo atual. In: CAPOVILLA, Fernando C.; GONÇALVES, Maria de Jesus; MACEDO, Elizeu Coutinho de (Orgs). **Tecnologia em (re)habilitação cognitiva 1998**: uma perspectiva multidisciplinar. São Paulo: EDUNISC, 1998. p.19-26.