

Breve histórico da neurociência cognitiva

Alfredo Pereira Júnior

Como citar: PEREIRA JÚNIOR, A. Breve histórico da neurociência cognitiva. *In:* GONZALEZ, M. E. Q.; DEL-MASSO, M. C. S.; PIQUEIRA, J. R. C. (org.). **Encontro com as Ciências Cognitivas - volume 3.** Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2001. p. 37-46.
DOI: <https://doi.org/10.36311/2001.85-86738-19-0.p37-46>



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin derivados 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

BREVE HISTÓRICO DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA

Alfredo PEREIRA JÚNIOR¹

A formação da *neurociência*

Seguindo os passos dos pioneiros do estudo moderno do cérebro no século XIX, como Muller, Hughlings-Jackson e Broca, a pesquisa sobre o cérebro na primeira metade do século XX foi caracterizada por um progresso nas áreas de neuroanatomia – onde se destaca o monumental trabalho descritivo de Ramon y Cajal, neurofisiologia – os esforços de Adrian (1926) para entender o “código neural”, psicologia experimental, que se concentrou no estudo da aprendizagem associativa (por exemplo, condicionamento pavloviano) e psicofísica (isto é, a busca pelas leis físicas da percepção).

Um grande avanço na neuropsicologia (o estudo da correlação entre atividade cerebral e fenômenos psicológicos) foi proporcionado através do trabalho experimental com o eletroencefalograma (GERARD; LIBET, 1940), e com eletrodos invasivos em animais experimentais (em alguns casos, também em humanos durante uma cirurgia cerebral). O conhecimento em neuropsicologia foi desenvolvido principalmente com estudos de efeitos de lesões e outras metodologias utilizadas em animais experimentais (por exemplo, as experiências de Lashley com roedores, republicadas em Lashley, 1960; ver também Sperry, 1950) e pacientes médicos humanos (por exemplo, os estudos de PENFIELD e BOLDREY, 1937).

Os primeiros modelos computacionais do cérebro se inspiraram na lógica filosófica e na arquitetura do sistema nervoso (MCCULLOCH; PITTS, 1943; HEBB, 1949). O estudo experimental de Hodgkin e Huxley (1952), que propuseram um modelo matemático da atividade da membrana neuronal, no princípio dos anos cinquenta, veio a definir as bases teóricas da neurofisiologia contemporânea (vide p. ex. RALL; RINZEL, 1973).

O Simpósio de Hixon, ocorrido no Instituto de Califórnia de Tecnologia em 1948, mostrou um quadro interessante das principais questões teóricas enfrentadas pelos cientistas naquele momento. Tendo o tema geral *Mecanismos Cerebrais em Comportamento*, recebeu contribuições de J. von Neumann (1951), K.S. Lashley (1960), W. Kohler (1951), e W.S. McCulloch (1951), e outros. As discussões ali ocorridas ilustram alguns dos

¹ Departamento de Educação – Instituto de Biociências de Botucatu – Unesp - Campus de Botucatu- e-mail: apj@ibb.unesp.br

temas de importância para a epistemologia da neurociência cognitiva: a natureza do processamento de informação no sistema nervoso, e as diferenças entre computações naturais e artificiais.

O Manual de Fisiologia, seção Neurofisiologia, publicado em 1960 pela Sociedade de Fisiologia americana (FIELD; MAGOUN; HALL, 1960), apresentou um painel do estado de conhecimento sobre o cérebro naquele momento. Sob o título *Neurofisiologia Geral*, a diversidade de aspectos da função cerebral foi discutida pelos contribuintes, cobrindo questões epistemológicas e psicológicas. O Manual incluiu artigos sofisticados nas áreas de percepção (por H.L. TEUBER), integração do conhecimento (R. GERARD), memória (R. GALAMBOS), consciência (D.B. LINDSLEY), fala (O.L. ZANGWELL), história da neurociência (M.A. BRAZIER), pensamento (W.C. HALSTEAD) e psicossomática (P.G. MACLEAN). Em retrospecto, a principal diferença frente à neurociência cognitiva contemporânea não era a faixa de abrangência dos temas, mas a falta de uma abordagem sistemática das funções cognitivas de uma perspectiva neurofisiológica.

Nos anos sessenta, o desenvolvimento de biologia molecular tornou possível o progresso do conhecimento sobre a bioquímica da sinapse. Ao mesmo tempo o estudo do sistema visual, seguindo a abordagem proposta por Lettvin et al. (1959) e, principalmente, a teoria de campos receptivos desenvolvida por Hubel e Wiesel (1962; 1968), se tornou um paradigma no estudo da percepção. A distinção entre duas vias de processamento da informação visual era também proposta (SCHNEIDER, 1969). Estudos de efeitos de lesões em neuropsicologia se refinaram, através da distinção entre diferentes tipos de memória (procedural, declarativa) e sua relação com determinadas estruturas cerebrais, em especial o hipocampo (MILNER; CORKIN; TEUBER., 1968). Teorias abrangentes sobre aprendizagem e memória também começaram a ser propostas (WALTER, 1963; ROY JOHN, 1967; SOKOLOV, 1975).

A integração de níveis diversos de conhecimento sobre o cérebro foi propósito de um grupo interdisciplinar patrocinado pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts, o *Neurosciences Research Program*, fundado em 1962. O grupo organizou em 1966 uma conferência de quatro semanas na Universidade de Colorado, com 153 participantes, que gerou o primeiro volume da série *The Neurosciences*, contendo 64 das 65 conferências realizadas. Nas palavras de seus organizadores, “a conferência avançou significativamente na unificação das diversas neurociências, e chamou a atenção para o amplo espectro de oportunidades emergentes para os pesquisadores pioneiros” (QUARTON; MELNECHUK, 1967). No Prefácio para o volume, Schmitt mencionou entre as dificuldades de entendimento do cérebro “a tendência dos cientistas para guardar as opiniões e especulações formadas

a partir de um trabalho árduo (e) a aproximação de especialistas que não vêem a floresta devido às árvores” (SCHMITT, 1967). De fato, seu esforço contribuiu para a disseminação da idéia de neurociência como um campo interdisciplinar de pesquisa.

Observando a evolução dos temas nos quatro volumes da coleção *The Neurosciences*, resultado das conferências organizadas pelo *Neurosciences Research Program*, pode-se vislumbrar o caminho que conduziu à neurociência cognitiva contemporânea. O primeiro volume continha as seguintes seções: Componentes do Sistema Nervoso, Biologia Molecular, Biologia Molecular de Células do Cérebro, Fisiologia do Neurônio, Correlatos Cerebrais de Funções Comportamentais, Correlatos Neurais da Aprendizagem, e Tópicos Interdisciplinares. Os que atualmente chamamos de *questões cognitivas* eram então subsumidas sob o rótulo de *comportamental*. A novidade era que a procura por correlações entre fenômenos neuronais e comportamentais foi levada a sério, como sendo uma parte essencial da neurociência.

O segundo volume, publicado em 1970, exhibe a mesma tendência epistemológica. No prefácio à seção *Determinantes da Plasticidade Neural e Comportamental, e de Funções Psicológicas Complexas*, diz Quarton que

de fato, não temos uma explicação adequada, em termos de eventos no cérebro, para quaisquer desses processos mentais complexos que parecem tão reais subjetivamente e são tão discutidos pela psicologia [...] (porém - APJ) a psicologia fisiológica agora tem se dedicado em grande parte à procura de mecanismos cerebrais que se correlacionam com o comportamento observável em animais de laboratório. (QUARTON, 1970)

Embora mostrando ceticismo sobre uma abordagem neurocientífica da mente, Quarton incorporou dois temas psicológicos novos na seção: *emoções e temperamento* (artigos redigidos por S.S. Kely e P. MacLean), e *comunicação e linguagem* (por D. Ploog e E. Lennenberg). A preocupação em relacionar cérebro e comportamento também está presente no artigo *O Cérebro e o Comportamento Humano* (1976) onde Hans-Lukas Teuber, fundador do Departamento de Psicologia do MIT (mais recentemente, Department of Brain and Cognitive Sciences), propôs uma metodologia para a neuropsicologia baseada na integração de três fontes de dados: estudos dos efeitos de lesões, medidas anatômicas e fisiológicas, e aspectos comparativos e desenvolvimentais.

O *Neurosciences Research Program* publicou uma série de boletins, onde estudos clássicos realizados nos anos sessenta e setenta foram discutidos. Um exemplo é o 15º Boletim (POPPEL, HELD; DOWLING,

1977), dedicado ao tema “Mecanismos Neurais na Percepção Visual”. A Introdução escrita por Poppel discute três níveis de complexidade na relação entre mecanismos neurais e fenômenos perceptuais. No nível inferior, diz ele, “nós estamos tentando correlacionar fenômenos psicofísicos com certos aspectos estruturais do sistema nervoso. Por exemplo, explicamos a acuidade visual em áreas diferentes do campo visual pela densidade de receptores em áreas diferentes da retina”. O nível mais alto reflete “a meta final em nossa pesquisa em visão... entender os mecanismos neurais subjacentes à percepção de padrões. Nós queremos saber como é possível ver um círculo como um círculo, ou uma face como uma face. No nível intermediário de relações, nós queremos entender as operações neurais que apóiam a percepção de padrões... (como as) operações que garantem a identidade perceptual de objetos no contexto de um estímulo variável” (POPPEL, 1977). Tal distinção de níveis vai além da preocupação prévia em se correlacionar mecanismos neurais e comportamento. A idéia de percepção de padrões antecipa o atual conceito de processo cognitivo, e o nível intermediário de análise está próximo do programa de pesquisa proposto por D. Marr e T. Poggio (1976) – aos quais Poppel se referiu ao término do texto - antecipando a proposta de uma neurociência computacional dos anos 90.

Um outro grande avanço na correlação entre atividade cerebral e funções cognitivas, na década de 70, foi o paradigma das *place cells* desenvolvido por O’Keefe e Nadel (1978). Estes autores conseguiram correlacionar a atividade de pequenos grupos de células do hipocampo de roedores com a função cognitiva de orientação espacial. Este exemplo serviu de base para outros experimentos com eletrodos invasivos em animais experimentais, levando por exemplo à identificação da função visual de neurônios no córtex pré-frontal de primatas.

A metamorfose para *neurociência cognitiva*

O pano de fundo teórico para a abordagem cognitiva na neurociência se estabeleceu nos anos oitenta, com o aparecimento da área de ciências cognitivas, abrangendo a psicologia cognitiva, psicolinguística e inteligência artificial. Tal configuração teórica proveu ferramentas conceituais novas e novas possibilidades de experimentação (tarefas cognitivas mais precisas e complexas, gerando dados psicológicos para serem correlacionados com medidas da atividade neuronal). Porém, com a exceção dos trabalhos no emergente paradigma conexionista, a neurociência e as ciências cognitivas seguiram linhas independentes de desenvolvimento. Em 1991, A. Trehub notava que “a comunidade de ciência cognitiva costuma afirmar que a neurociência tem pouco para contribuir à teoria cognitiva, porque não tem

produzido um corpo substancial de conhecimentos pertinente aos processos cognitivos” (TREHUB, 1991, p.1). A interessante tese de seu livro era que “agora temos conhecimento suficiente da fisiologia das células nervosas e da estrutura do cérebro para avançar a formulação teórica de mecanismos possíveis que podem responder pelas competências básicas de cognição humana, e, ao mesmo tempo, satisfazer exigências razoáveis de plausibilidade dentro das restrições anatômicas e fisiológicas” (p. 1-2).

No começo do anos noventa, diversos esforços se dirigiram no sentido de se promover a metamorfose da neurociência e ciências cognitivas em “neurociência cognitiva”. Alguns deles foram as reuniões científicas que conduziram à coleção editada por M. Gazzaniga (1995), e as reuniões anuais da Sociedade de Neurociência Cognitiva. De início, persistia a ambigüidade sobre a relação entre neurociência e ciências cognitivas. Seria a neurociência cognitiva a parte das ciências cognitivas que trabalha com modelos inspirados na neurociência, ou a parte da neurociência interessada no estudo de processos cognitivos? Apesar de tal ambigüidade, a tendência para uma abordagem sistemática da base neurobiológica das funções cognitivas abriu espaço para novas áreas de pesquisa, correspondendo às seguintes seções na coleção de Gazzaniga: Estratégia e Planejamento, Atenção, Imagens Mentais (*Imagery*), e Perspectivas Evolutivas.

Uma revisão histórica das origens da neurociência cognitiva foi escrita por Kosslyn e Anderson, na Introdução Geral para *Frontiers in Cognitive Neuroscience* (1994). Eles afirmaram que a “neurociência cognitiva surgiu quando os investigadores conceberam a função do cérebro de uma perspectiva nova. Esta perspectiva brotou de uma confluência de descobertas e idéias em três disciplinas mais velhas, isto é, neurociência (especificamente neuroanatomia e neurofisiologia), psicologia experimental e ciência computacional” (p.xx). Na neurociência cognitiva o papel dos estudos comportamentais é considerado ainda uma pedra fundamental:

A abordagem da neurociência cognitiva pode ser esquematizada por um triângulo. No topo do triângulo está o comportamento, e nos vértices inferiores estão neurociência e computação[...] Assim as ciências do comportamento desempenham um papel crítico na neurociência cognitiva: psicologia cognitiva, lingüística, psicofísica e disciplinas relacionadas provêem descrições detalhadas do que o cérebro faz” (KOSSLYN; ANDERSON, 1994, p. xxiii).

A inclusão de estudos cognitivos do comportamento é o que faria a neurociência “cognitiva”: “A neurociência sofreu uma divisão; a parte desta área que se ocupa com o comportamento se alinha agora de perto com a neurociência cognitiva, e a outra parte enfoca o cérebro por seus próprios méritos” (p. xxiv).

Na visão de Kosslyn e Anderson, precisamos frequentemente de modelos computacionais para entender como o cérebro funciona, e a partir daí fazer previsões: “modelos de redes neurais permitem aos investigadores descobrir como tipos específicos de entradas de informação (“inputs” APJ) engendram tipos específicos de saídas (“outputs”- APJ)” (p. xxiii). Tal proposta implica uma revisão da distinção clássica de Marr entre regras computacionais (“algoritmos”) e estrutura física (o “hardware” onde a regra ou algoritmo é implementada – veja-se Marr, 1982). A análise de Marr

teve uma enorme receptividade. Parte da atração veio da idéia que pudéssemos entender as funções cognitivas puramente através de razão. Se nós pudéssemos adivinhar a teoria correta do que teria que ser computado para resolver um problema específico, nosso trabalho estaria quase concluído. Infelizmente, isto não se mostrou ser correto. A distinção entre os níveis do algoritmo e da implementação não está clara. Realmente, se o pesquisador está tentando entender a função do cérebro, então as teorias de computação e algoritmos teriam necessariamente que constituir descrições de atividade neuronal. (KOSSLYN; ANDERSON, 1994, p. xxiii)

Um conceito amplamente utilizado para a consolidação do novo campo de pesquisa interdisciplinar foi a idéia de localização de função, em termos de “macro-módulos”. Estudos em ciências cognitivas e neurociências convergiram em termos da identificação de estruturas funcionalmente especializadas – nos estudos em neuroimagem, principalmente em termos de regiões do neocórtex - que executam uma função cognitiva. Porém, o conceito de modularidade também tem sido considerado limitado para a compreensão interdisciplinar das funções cerebrais. Alguns dos problemas são:

- a) o termo “módulo” não está bem definido em termos neurocientíficos. O conceito original de Mountcastle (1957) se referia a redes neuronais especializadas ao nível de *colunas* corticais (i.é, em nível microscópico). Usos novos da palavra têm confundido o conceito de Mountcastle com os “módulos da mente” propostos por Fodor (1983). Tais módulos existiriam em nível *macroscópico* no cérebro, e seriam especializado para funções cognitivas complexas. Sendo vagamente definidos, puramente em termos de limites espaciais, tais “módulos” podem ter utilidade heurística, como as “caixas pretas” na cibernética, mas o uso do conceito é restritivo na compreensão de realidade biológica;
- b) o entendimento da especialização biológica em termos de unidades discretas semelhantes aos módulos computacionais tem conduzido a uma ênfase excessiva na idéia de localização, em detrimento do aspecto temporal das funções. Tal ênfase frequentemente obscurece a “dialética fundamental da organização do cérebro” (FRITH; FRISTON, 1997):

por um lado há segregação funcional, tal que neurônios com a mesma função tendem a se agrupar em uma área circunscrita do cérebro [...] Dado tal princípio, deveria ser possível produzir um mapa do córtex no qual toda área tem sua própria função específica. Por outro lado, dada a dependência da atividade cerebral frente às conexões subjacentes [...] há integração funcional, tal que aquelas funções dependem de interações entre neurônios amplamente distribuídos. Dado este princípio, uma área circunscrita não pode ter nenhuma função por si própria. Funções específicas só emergirão da interação entre muitas áreas do cérebro. (p. 169);

- c) a negligência de níveis intermediários de análise de dinâmica cortical. Entre a descrição bioquímica de micro-processos ao nível do neurônio e sinapses (veja-se por exemplo Black, 1991) e a descrição de “macro-módulos”, a dinâmica cortical poderia ser modelada em nível da organização neuronal em colunas e camadas, de acordo com os conceitos originais de Mountcastle.

Recentes desenvolvimentos conceituais e experimentais da neurociência cognitiva têm procurado superar tais limitações, enfatizando a a questão da integração de funções espacialmente distribuídas. A coleção de ensaios editada por Rugg (1997) enfocou os problemas de integração de função, e a necessidade de se estudar as estruturas e funções cerebrais em termos neurobiologicamente adequados. De acordo com Rugg, a neurociência cognitiva procura

entender como as funções cognitivas, e suas manifestações em termos de comportamento e experiência subjetiva, surjam da atividade do cérebro. É um híbrido de várias disciplinas historicamente distintas, entre as quais havia até recentemente pequeno intercâmbio de métodos e idéias [...] Não foi um fator único que causou a convergência destes diferentes ramos para formar a neurociência cognitiva. (RUGG, 1997, p. 1).

Ele destaca quatro fatores:

- a) interação entre psicologia cognitiva e neuropsicologia clínica, por exemplo no estudo de efeitos cognitivos de lesões no cérebro;
- b) a aplicação de métodos invasivos em animais experimentais, principalmente o uso de eletrodos que medem a atividade de um único neurônio em animais. Simultaneamente à medida da atividade de cérebro, os animais executam tarefas cognitivas e tornam possível a observação de correlações entre atividade neuronal e manifestação comportamental dos processos cognitivos internos;
- c) o desenvolvimento de métodos não-invasivos de neuroimagem, permitindo o estudo da estrutura do cérebro e funções cognitivas ‘in vivo’.

- Tais métodos (PET-scanning e fMRI) permitem o estudo de sujeitos humanos saudáveis (em contraposição ao estudo de indivíduos de outras espécies, ou de efeitos de lesões graves em humanos), com a vantagem da disponibilidade de um relato lingüístico dos processos cognitivos. A descoberta de correlações temporais entre dados de neuroimagem e o relato lingüístico reforça ambos como manifestações de processos cerebrais subjacentes, que a pesquisa procura entender;
- d) o desenvolvimento de modelos “distribuídos em paralelo” ou “conexionistas”, que apresentam características comuns ao funcionamento cerebral. Estes modelos são freqüentemente simulados em computadores digitais, e permitem uma visualização dos processos estudados.

O desenvolvimento da neurociência cognitiva conduz a uma epistemologia não-reducionista, que trabalha com distintos mas inter-relacionados níveis de análise. Diferentes metodologias são usadas para a observação de diferentes níveis de organização da estrutura e função cerebrais, obtendo-se entendimento detalhado de mecanismos cognitivos no cérebro animal. Modelos mais amplos procuram integrar esse conhecimento empírico e descobrir os princípios fundamentais das funções cognitivas do cérebro.

Agradecimentos:

Stephan Chorover (MIT), supervisor de meu estágio de pós-doutoramento; FAPESP, que concedeu bolsa para o mesmo, e CNPq.

Referências

- ADRIAN, E. D. The impulses produced by sensory nerve endings. *Journal of Physiology*, n. 61, p. 49-72, 1926.
- BADDELEY, A. D. *Working memory*. Oxford: Oxford University Press, 1986.
- BLACK, I. B. *Information in the brain*. Cambridge: MIT Press, 1991.
- FIELD, J. H.; MAGOUN, H.W.; HALL, V. E. (Ed.) *Handbook of Physiology*. Washington, v. 3, sect.1, p. 1595-1668, 1960.
- FODOR, J. *The modularity of mind*. Cambridge: MIT Press, 1983.
- FRITH, C. D.; FRISTON, K. J. Studying brain function with neuroimaging. In: RUGG, M. C. (Ed.) *Cognitive neuroscience*. Cambridge: MIT Press, 1997.
- GERARD, R. W.; LIBET, B. The control of normal and “convulsive” brain potentials. *American Journal of Psychiatry*, v. 96, p. 1125-1153, 1940.
- GAZZANIGA, M.S. (Ed.) *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge: MIT Press, 1995.
- HEBB, D. *The organization of behavior: a neurophysiological theory*. New York: John Wiley, 1949.

- HODGKIN, A. L.; HUXLEY, A. F. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *Journal of Physiology*, n. 117, p. 500-544, 1952.
- HUBEL, D. N.; WIESEL, T. N. Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *Journal of Physiology*, n. 160, p.106-154, 1962.
- _____. Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. *Journal of Physiology*, n. 195, p. 215-243, 1968.
- KOHLER, W. Relational determination in perception. In: JEFFRESS, L. A. (Ed.) *Cerebral mechanisms in behavior: the hixon symposium*. New York: Hafner, 1951.
- KOSSLYN, S. M.; ANDERSEN, R. A. General introduction. In: KOSSLYN, S. M.; ANDERSEN, R. A. (Ed.) *Frontiers in cognitive neurosciences*. Cambridge: MIT Press, 1992.
- LASHLEY, K. *The neuropsychology of lashley*. New York: McGraw-Hill, 1960.
- LETTVIN, J. Y. et al. What the frog's eye tells the frog's brain. In: MCCULLOGH, W. *Embodiments of mind*. Cambridge: MIT Press, 1959.
- MARR, D. *Vision: a computational investigation into the human representation and processing of visual information*. San Francisco: W.H. Freeman, 1982.
- MARR, D.; POGGIO, T. Cooperative computation of stereo disparity. *Science*, v. 194, p. 283-287, 1976.
- MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, v. 5, p. 115-133, 1943.
- MCCULLOCH, W. S. Why the mind is in the head. In: JEFFRESS, L. A. (Ed.) *Cerebral mechanisms in behavior: the Hixon Symposium*. New York: Hafner, 1951.
- MILNER, B.; CORKIN, S.; TEUBER, H. L. Further analysis of the hippocampal amnesic syndrome: 14-year follow-up study of H. M.. *Neuropsychologia*, n. 6, p. 215-234, 1968.
- MOUNTCASTLE, V. Modality and topographic properties of single neurons of cat's somatic sensory cortex. *Journal of Neurophysiology*, v. 20, p. 408-434, 1957.
- O'KEEFE, J.; NADEL, L. *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon, 1978.
- PENFIELD, W.; BOLDREY, E. Somatic motor sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain: a journal of Neurology*, n. 60, p. 389-443, 1937.
- POPPEL, E. Introduction: relating perceptual phenomena to neuronal mechanisms. In: POPPEL, E., HELD, R.; DOWLING, J. (Ed.) *Neuronal mechanisms in visual perception*. Cambridge: The MIT Press, 1977.
- QUARTON, G. C. Introduction. In: SCHMITT, F.O. (Ed.) *The neurosciences: second study program*. New York: Rockefeller University Press, 1970.
- QUARTON, G. C.; MELNECHUK, T. Introduction. In: ____; SCHMITT, F.O. (Ed.) *The neurosciences: a study Program*. New York: Rockefeller University Press, 1967.

RALL, W.; RINZEL, J. Branch input resistance and steady attenuation for input to one branch of a dendritic neurone model. *Journal of Biophysics*, v. 13, p. 648-688, 1973.

ROY JOHN, E. *Mechanisms of memory*. New York: Academic Press, 1967.

RUGG, M. D. Introduction. In: _____. (Ed.) *Cognitive Neuroscience*. Cambridge: MIT Press, 1997.

SCHNEIDER, G. Two visual systems: brain mechanisms for localization and discrimination are dissociated by tectal and cortical lesions. *Science*, v. 163, p. 895-902, 1969.

SCHMITT, F. O. Preface. In: QUARTON, G. C. MELNECHUK, T.; SCHMITT, F.O. (Ed.) *The neurosciences: a study program*. New York: Rockefeller University Press, 1967.

SOKOLOV, E. N. The neuronal mechanisms of the orienting reflex. In: ____.; VINOGRADOVA, O. S. (Ed.) *Neuronal mechanisms of the orienting reflex*. New York: Lawrence Erlbaum, 1975.

SPERRY, R.W. Neural basis of the spontaneous optokinetic response. *Journal of Comparative Physiology*, v. 43, p. 482-489, 1950.

TEUBER, H. L. The brain and human behavior. *Neurosciences Research Program Bulletin*, 1976 (número especial em memória de Hans-Lukas Teuber).

TREHUB, A. *The cognitive brain*. Cambridge: The MIT Press, 1991.

VON NEUMANN, J. The general and logical theory of automata. In: JEFFRESS, L. A. (Ed.) *Cerebral mechanisms in behavior: the hixon symposium*. New York: Hafner, 1951.

WALTER, W.G. *The living brain*. New York: W.W. Norton, 1963.