

AQUISIÇÃO DA LINGUAGEM E HABILIDADES COGNITIVAS SUPERIORES: O PAPEL DA LÍNGUA NO DESENVOLVIMENTO DA COGNIÇÃO NUMÉRICA

Mercedes MARCILESE*

- RESUMO: Este artigo tem como objetivo principal analisar o possível papel da posse de uma língua natural na configuração de uma cognição numérica sofisticada, distintiva da espécie humana. O trabalho fornece uma introdução a uma das principais perspectivas teóricas da atualidade no que tange à conformação da cognição humana, a chamada **hipótese dos sistemas nucleares** (SPELKE et al., 1992; SPELKE; KINZLER, 2007), assim como também um panorama completo e atualizado de estudos relativos à cognição numérica, incluindo resultados de uma pesquisa recente conduzida no Brasil. Assume-se aqui que a língua seria responsável pela combinação das representações fornecidas por dois sistemas básicos para o processamento da numerosidade. Um desses sistemas representaria quantidades aproximadas, enquanto o outro seria responsável pela representação de numerosidades pequenas, processadas a partir da identificação em paralelo dos indivíduos. É defendida a ideia de que – no que se refere ao desenvolvimento do conceito de número, mas também de uma forma mais geral – a língua teria uma especial relevância na integração de informações, colaborando na expansão do alcance dos conceitos da criança ao possibilitar a combinação de itens do léxico associados a diferentes tipos de representações não verbais.
- PALAVRAS-CHAVES: Língua. Habilidades cognitivas superiores. Sistemas de conhecimento nuclear. Cognição numérica.

Introdução

No começo do século XX, Vygotsky considerou de forma explícita a possibilidade de que a posse de uma língua natural fosse um fator decisivo para o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores. Na perspectiva do psicólogo soviético, as funções mentais superiores são concebidas como um produto de atividade mediada, realizada por meio das chamadas ferramentas mentais (*psychological tools*) (VYGOTSKY, 1986). A noção de ferramenta mental, da qual a linguagem constitui um exemplo, é proposta como uma analogia com as ferramentas materiais que funcionam como uma mediação entre a mão que

* PUC – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. LAPAL – Laboratório de Psicolinguística e Aquisição da Linguagem. Rio de Janeiro – RJ – Brasil. 22.451-900 - mmarcilese@gmail.com

as utiliza e o objeto sobre o qual atuam. As ferramentas mentais, assim definidas, são de natureza semiótica, internamente orientadas, e funcionam transformando as habilidades e capacidades naturais e inatas humanas em funções mentais superiores.

Vygotsky distingue o que denomina funções mentais inferiores – que incluem a percepção, a memória e a atenção – das funções superiores que se desenvolvem gradualmente no curso da transformação das funções inferiores. De acordo com esse enfoque, as funções inferiores não desaparecem da cognição madura, mas são estruturadas e organizadas de acordo com metas sociais específicas. No pensamento vygotskiano, a linguagem desempenha um duplo papel: é tanto uma ferramenta que auxilia na formação de habilidades superiores quanto, ao mesmo tempo, é ela própria, uma dessas habilidades.

A despeito do interesse das ideias de Vygotsky, fatores associados à conjuntura histórica na qual sua obra se insere parecem ter tornado a busca por uma explicação para a relação entre língua e outras habilidades cognitivas um tópico de pesquisa pouco atraente. A ênfase na anterioridade do desenvolvimento cognitivo em relação ao linguístico defendida por Piaget (PIAGET; INHELDER, 1966) e o foco na especificidade do sistema da língua, característico da linguística gerativista desde seu surgimento (CHOMSKY, 1965), podem ter contribuído para que a questão da influência da língua em outros domínios da cognição não fosse alvo de maiores debates.

O tópico tem ganhado, no entanto, novas forças tanto no campo da psicologia cognitiva quanto na linguística gerativista graças a desdobramentos que têm permitido que a questão de uma possível relação entre a posse de uma língua e o que distingue a cognição humana da de outras espécies seja formulada de forma objetiva.

Resultados de pesquisas recentes conduzidas no âmbito da psicologia cognitiva se mostram compatíveis com a hipótese de que a língua estaria envolvida no desempenho de tarefas relacionadas a diferentes aspectos da cognição, incluindo: resolução de problemas, cálculo e codificação de numerosidades exatas, localização espacial, Teoria da Mente (definida de forma muito sintética como a capacidade que permite ao indivíduo atribuir estados mentais aos outros e a si próprio (PREMACK; WOODRUFF, 1978)) e, de um modo geral, na integração de informações provenientes de diversos domínios cognitivos (BALDO et al., 2005; DELAZER et al., 1999; SPELKE; TSIVKIN, 2001b; HERMER-VAZQUEZ; SPELKE; KATSNELSON et al., 1999; HOLLEBRANDSE et al., 2008). No entanto, não existem praticamente estudos que, assumindo abertamente uma teoria linguística, busquem explicitar quais seriam as propriedades das línguas humanas que possibilitariam tais relações (MARCILESE, 2011a). Também não é claro ainda se o possível efeito da língua estaria restrito apenas ao desenvolvimento de certas

habilidades pelas crianças ou se continuaria operante também nos adultos cuja cognição já está madura.

O presente trabalho visa a resgatar esse debate mais geral sobre o papel da língua no desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores com especial atenção para a possível relação entre a posse de uma língua e o conhecimento do número. No que concerne à teoria linguística, o presente trabalho fundamenta-se na concepção de língua veiculada no Programa Minimalista (CHOMSKY, 1995, 1999, 2000). Nessa perspectiva, a língua é constituída de um sistema computacional universal e de um léxico, caracterizado como um conjunto de elementos compostos por traços fonológicos, semânticos e formais (gramaticais), com parâmetros fixados. O léxico assim concebido dispõe da informação necessária para que o sistema computacional possa construir objetos linguísticos no curso de uma derivação linguística.

Na próxima seção, a discussão em torno da possível relação entre sistema linguístico e cognição numérica é aprofundada. Em seguida, é introduzida uma das principais propostas atuais sobre a configuração da cognição humana, a chamada **hipótese dos sistemas nucleares** (SPELKE et al., 1992; SPELKE; KINZLER, 2007). Por último, é traçado um panorama dos principais resultados sobre o desenvolvimento da cognição numérica, incluindo dados de um estudo recente conduzido em português (MARCILESE, 2011a, 2011b) e as considerações finais do trabalho são apresentadas.

Língua e cognição numérica

A hipótese de que a posse de língua e o conhecimento do número são duas capacidades que distinguem crucialmente a cognição humana da de outras espécies tem ganhado progressivamente espaço na literatura (CORVER; DOETJES; ZWARTS, 2007; DEVLIN, 2003). Ambos os domínios, linguístico e numérico, compartilham a propriedade nuclear da infinitude discreta (CHOMSKY, 1998; HAUSER; CHOMSKY; FITCH et al., 2002; CORVER; DOETJES; ZWARTS, 2007). Assim sendo, da mesma forma que séries de números podem ser infinitamente continuadas (já que sempre é possível acrescentar **mais um**) também é possível criar novas sentenças adicionando material linguístico a uma estrutura dada (HAUSER; CHOMSKY; FITCH, 2002). Basicamente, a propriedade da infinitude discreta dá conta do fato de que não há limites previamente estabelecidos – tirando as óbvias restrições de memória que impedem que uma sentença “infinitamente longa” possa ser processada por uma mente humana – para o número de elementos que uma sentença possa conter.

O sistema computacional linguístico é caracterizado pela **recursividade**, que é alcançada pela atuação da operação *Merge* (HAUSER; CHOMSKY; FITCH et al., 2002). Essa operação toma dois elementos, e os combina formando um objeto sintático que tem aqueles dois elementos como irmãos e um nó dominante para o qual são projetadas as propriedades do que é tomado como núcleo. Esse objeto, por sua vez, pode ser combinado com outro elemento, de modo a formar um objeto mais complexo, e assim por diante, repetidamente. Chomsky (2007, p.19) enfatiza a importância da infinitude discreta¹ e da operação *Merge* na definição de língua afirmando que:

*An elementary fact about the language faculty is that it is a system of **discrete infinity**. In the simplest case, such a system is based on a primitive operation that takes objects already constructed, and constructs from them a new object. Call that operation Merge [...] With Merge available, we **instantly** have an unbounded system of hierarchically structured expressions [...] UG must at least include the principle of unbounded Merge.*²

Chomsky (1998) postula a ideia de que a faculdade numérica se desenvolveu como um subproduto da faculdade da linguagem. Nesse sentido, o autor afirma que a faculdade numérica nos humanos pode ser pensada como uma abstração da linguagem, na qual apenas o mecanismo da infinitude discreta ficou preservado enquanto que as restantes características específicas do sistema linguístico foram eliminadas (CHOMSKY, 1998).

Cabe frisar que a ideia anterior não é incompatível com a observação de que existem culturas que parecem não fazer uso da contagem e cujas línguas aparentemente não contêm termos específicos relativos à quantidade (EVERETT, 2005; 2007; FRANK et al., 2008). A capacidade para desenvolver uma cognição numérica sofisticada estaria presente, mas latente nesses casos.

Nas culturas em que habilidades de contagem são manifestas, a linguagem é usualmente utilizada para fazer referência a numerosidades³ e operações com números. De que forma as diversas línguas possibilitam a codificação de informações relativas à numerosidade e ao número é uma questão que pode

¹ **Recursividade** e **infinitude discreta** são utilizados por vezes como termos intercambiáveis. (HAUSER; CHOMSKY; FITCH, 2002; CHOMSKY, 2007).

² Um fato fundamental sobre a faculdade da linguagem é que se trata de um sistema de infinitude discreta. No caso mais simples, esse sistema baseia-se numa operação primitiva que toma objetos já construídos e constrói a partir deles um novo objeto. Chamaremos essa operação *Merge* [...] Tendo *Merge* disponível, imediatamente temos um sistema ilimitado de expressões hierarquicamente estruturadas [...] UG (a Gramática Universal) deve incluir pelo menos o princípio de *Merge* ilimitado (CHOMSKY, 2007, p. 19, tradução nossa).

³ **Numerosidade** é caracterizada aqui como a propriedade de um estímulo definida pelo número de elementos discrimináveis que um determinado conjunto contém.

ser pesquisada tanto de um ponto de vista linguístico quanto do ponto de vista da cognição.

Desenvolvimentos relacionados à cognição numérica estão na base de conquistas únicas da espécie humana nos âmbitos das ciências, da arquitetura e da engenharia, dentre outros (ULLER, 2008). Certas habilidades associadas a esse domínio são, entretanto, atestadas também em primatas não humanos e ainda em espécies mais distantes em termos evolutivos, tais como pássaros ou répteis. A capacidade de discriminar quantidades grandes aproximadas e pequenas quantidades exatas são algumas das habilidades que parecem ser compartilhadas entre espécies (ULLER, 1997; KRUSCHE; ULLER; DICKE, 2010; ULLER; LEWIS, 2009; ULLER et al., 2003). Diante desse quadro, surgem várias questões: Onde reside, então, a diferença entre humanos e outras espécies? Representa a língua natural o diferencial que nos separa de outros animais? E se isto é assim: como? Em que medida?

Wiese (2007) defende a ideia de que o conceito de número, tal e como presente nos seres humanos, diferencia-se dos seus predecessores na cognição animal em dois aspectos cruciais. Em primeiro lugar, na nossa espécie esse conceito está baseado em uma sequência numérica cujos elementos não se restringem a contextos quantitativos, mas podem indicar cardinalidade/quantitatividade assim como ordinalidade e propriedades nominais dos objetos (**três maçãs, o segundo colocado, o ônibus #150**). Em segundo lugar, esse conceito envolve recursividade e, via recursividade, infinitude discreta. Já os precursores da cognição numérica encontrados em animais e em infantes humanos dependem de representações finitas e icônicas que estão limitadas à cardinalidade e não dão suporte para um conceito unificado de número. Segundo Wiese (2007), esse conceito unificado pode ter evoluído nos humanos a partir de sequências verbais empregadas como ferramentas numéricas, isto é, sequências de palavras cujos elementos são associados com objetos empíricos em vários tipos de tarefas. Em particular, certo tipo de palavras que fazem referência à quantidade (*number words*), como, por exemplo, as sequências de contagem, podem ser caracterizadas como as principais instâncias dessas ferramentas verbais numéricas. Nesse sentido, Weise (2007) considera que a linguagem abriu o caminho para o desenvolvimento da cognição numérica tal e como manifesta nos humanos.

No âmbito da psicologia cognitiva, Elizabeth Spelke vem coordenando um conjunto de pesquisas orientadas pela hipótese de que a cognição humana estaria conformada por um conjunto de sistemas de conhecimento nuclear. Tais sistemas são caracterizados como alicerces cognitivos que emergem muito cedo na ontogenia e na filogenia. Num desdobramento dessas investigações, a autora tem levantado a possibilidade de que a posse de língua seja o fator determinante para o ser humano ir além dos conhecimentos nucleares, viabilizando a construção

de um tipo de conhecimento mais sofisticado e complexo. A seguir, introduzimos com mais detalhes a hipótese dos sistemas nucleares, dando especial ênfase aos aspectos relativos à cognição numérica.

Core systems: conhecimento inicial e sistemas nucleares

Desde início dos anos 90, E. Spelke e colaboradores vêm buscando traçar um mapa do desenvolvimento cognitivo a partir de uma extensa série de estudos que focaliza o denominado conhecimento inicial. Esses trabalhos têm tido como objetivo comum investigar habilidades precoces vinculadas a vários domínios da cognição. Os trabalhos conduzidos no laboratório coordenado por Spelke na Universidade de Harvard, assim como outros estudos com bebês, têm trazido evidências que sugerem comportamentos compatíveis com a existência de expectativas claras por parte das crianças frente a um amplo espectro de fenômenos, dentre os quais: o comportamento físico de objetos inanimados, as ações de seres animados, princípios fundamentais do número etc. O fato de que indicadores dessas expectativas parecem emergir muito cedo sugere que estas fariam parte da dotação inata humana. Os conhecimentos precocemente exibidos pelas crianças possuem no mínimo duas características principais: são de domínio específico e são específicos por tarefa (SPELKE, 1994). O conhecimento inicial assim concebido inclui restrições fundamentais que possibilitam a identificação de classes de entidades relevantes no ambiente da criança. Mas afinal, de que forma os bebês conseguem identificar objetos, pessoas, conjuntos e espaços como entidades sobre as quais os princípios da física, da psicologia, do número e da geometria se aplicam? Recentemente, numa tentativa de fornecer respostas para essa e outras questões instigantes, Spelke (2000, 2003) tem articulado essas ideias na chamada hipótese dos sistemas nucleares (*core systems*).

Spelke (1994, 2000, 2003; HERMER; SPELKE, 1996; CAREY; SPELKE, 1996; SPELKE; TSIVKIN, 2001a; KINZLER; SPELKE, 2007; SPELKE; KINZLER, 2007) postula a tese de que habilidades cognitivas complexas como a leitura e a capacidade de cálculo, assim como outras conquistas mais sofisticadas da nossa espécie, tais como as ciências formais e as matemáticas, dependeriam de um conjunto de sistemas que emergem muito cedo na ontogenia e na filogenia humanas. Esses sistemas são caracterizados como mecanismos que permitem representar e raciocinar acerca de tipos particulares de entidades e eventos ecologicamente salientes, como, por exemplo: objetos inanimados manipuláveis e seus movimentos, pessoas e suas ações etc. Considera-se ainda que tais sistemas proovessem o núcleo de todas as habilidades maduras. Nessa perspectiva, para entender o que há de especial na cognição humana é preciso estudar os sistemas de conhecimento nuclear tal como emergem nos bebês e nas crianças pequenas.

A hipótese dos sistemas nucleares foi concebida com base em resultados experimentais que sugerem a existência de certos tipos de habilidades cognitivas fundamentais (*core cognitive abilities*), vinculadas a domínios específicos como o da orientação espacial (HERMER; SPELKE, 1996). Pesquisas vinculadas a outros domínios, como o relacionado à percepção e representação de objetos (VAN DE WALLE; SPELKE, 1996; VON HOFTEN; FENG; SPELKE, 2000) e a representação do número (FEIGENSON; HAUSER; CAREY, 2002; CONDRY; SPELKE, 2008), forneceram novas fontes de evidência para a construção do mapa dos conhecimentos nucleares.

A pesquisa tem se desenvolvido ao longo de duas linhas principais: estudos numa perspectiva evolutiva comparativa e estudos do desenvolvimento humano. Tanto os estudos sobre a cognição em bebês e crianças pequenas, quanto a investigação com primatas não humanos, podem vir a contribuir para a compreensão dos traços que caracterizam o conhecimento humano. Com base em resultados obtidos em testes com primatas não humanos e crianças pequenas, Hauser e Spelke (2004) propõem que quatro propriedades caracterizam os sistemas nucleares: são específicos por domínio, específicos por tarefa, modulares e inatos. Em primeiro lugar, os sistemas são específicos por domínio de modo que cada sistema serve para representar um tipo particular de entidade (indivíduos da mesma espécie, objetos manipuláveis, locais na disposição do entorno e numerosidades). Em segundo lugar, são específicos por tarefa, isto é, cada sistema utiliza suas representações direcionadas a questões específicas do mundo, do tipo: **quem é?** (reconhecimento facial), **o que faz isto?** (categorização de artefatos), **onde estou?** (orientação espacial) e **quanto há aqui?** (enumeração/quantificação). Cada sistema serve para representar classes particulares de entidades e para um conjunto particular de propósitos. Sistemas nucleares são definidos como sendo modulares. Em outras palavras, cada sistema utiliza um subconjunto de informação fornecida pelos sistemas de *input*. Os sistemas são relativamente automáticos e cegos para crenças explícitas e objetivos ou metas. Assim, cada um representa apenas um pequeno subconjunto dos objetos ou eventos que a criança percebe, permite resolver um conjunto limitado de problemas e opera com um grau bastante considerável de independência dos outros sistemas cognitivos. É a partir da combinação de representações provenientes desses diferentes sistemas, contudo, que a cognição humana atingiria a flexibilidade que a caracteriza.

A cognição humana se fundaria, em grande parte, em quatro sistemas de representação relativos a: objetos, ações, número e geometria do ambiente (KINZLER; SPELKE, 2007). Um quinto sistema, especializado na representação de “parceiros sociais” é postulado, mas as características de tal sistema ainda não têm sido aprofundadas. Cada sistema está profundamente enraizado na filogenia

e ontogenia humanas e estes atuam guiando e modelando a vida mental dos humanos adultos.

O sistema para representar objetos teria como objetivo principal perceber os objetos e seus movimentos, preencher os limites e as superfícies quando os objetos se encontram parcialmente ocultos e representar a existência contínua de objetos que desaparecem completamente da vista. Através desse sistema são processadas a permanência e a distinção ou diferenciação dos objetos. Tem sido observado que crianças representam objetos de acordo com três restrições espaço-temporais ao movimento destes (KINZLER; SPELKE, 2007; SPELKE, 2003; KIM; SPELKE, 1999): coesão, continuidade e contacto. Segundo essas restrições, objetos são corpos coesos que mantêm a sua conectividade e seus limites quando submetidos a movimento, movem-se apenas em percursos conexos e livres de obstruções e influenciam no movimento de outros objetos se e somente se entram em contacto com eles.

O sistema nuclear encarregado da representação de agentes e suas ações não é guiado por representações espaço-temporais como no caso dos objetos. Agentes não precisam ser coesos nem contínuos nas suas trajetórias de movimento ou estarem sujeitos à restrição de contacto. Pelo contrário, tem sido observado que as crianças pequenas representam as ações dos agentes como sendo dirigidas a determinadas metas ou fins. Crianças demonstram esperar ainda que os agentes interajam com outros agentes de forma contingente e recíproca. Embora os agentes não precisem necessariamente ter um rosto com olhos, resultados experimentais mostram que quando os têm, tanto recém-nascidos humanos quanto pintinhos filhotes utilizam a direção do olhar para interpretar suas ações. Esse comportamento também é registrado em crianças mais velhas. Em contraste, as crianças não interpretam o movimento de objetos inanimados como sendo dirigido a atingir uma meta (SPAEPEN; SPELKE, 2007). A representação dos objetos nessas duas grandes categorias [+/- animados] parece ser feita de modo bastante eficiente pelas crianças.

Um terceiro sistema nuclear teria a função específica de captar a geometria do ambiente, incluindo informações relativas à distância, aos ângulos e ao sentido das relações entre superfícies extensas. Esse sistema não consegue representar propriedades não geométricas como cor ou odor, nem propriedades dos objetos móveis. Os resultados de várias pesquisas se mostram compatíveis com a hipótese de que as pessoas possuem intuições geométricas ainda na ausência de qualquer ensino formal, experiência com símbolos gráficos, mapas ou ainda uma linguagem rica em termos geométricos.⁴

⁴ Confira as pesquisas de Lee, Shusterman e Spelke (2006) com crianças, Kinzler e Spelke (2007) com crianças pequenas e animais e Dehaene et al. (2006) com crianças e adultos da tribo Mundukuru, na Amazônia.

No que diz respeito ao sistema encarregado da representação do número, é argumentado que a capacidade de representar numerosidades aproximadas é encontrada tanto em crianças a partir dos 5-6 meses de idade, quanto em animais adultos. Essa habilidade se desenvolveria nos humanos antes de se adquirir a linguagem e a contagem simbólica (XU; SPELKE, 2000). Têm sido postulados três conjuntos de princípios que caracterizariam esse sistema (KINZLER; SPELKE, 2007). Embora os seus méritos relativos ainda sejam questionados, há consenso no que diz respeito às três propriedades centrais das representações nucleares de número. Em primeiro lugar, as representações são imprecisas e essa imprecisão cresce conforme o valor cardinal do conjunto aumenta. Segundo, as representações de número são aplicáveis a diversas entidades encontradas em múltiplas modalidades sensoriais, incluindo arranjos de objetos, sequências de sons e sequências de ações percebidas ou produzidas. Finalmente, as representações de número podem ser comparadas e combinadas por meio de operações de adição e subtração (evidências compatíveis com o uso de aritmética não simbólica por parte de crianças em idade pré-escolar são apresentadas por Lipton e Spelke (2005), Barth et al. (2006) e Gilmore, Mccarthy e Spelke (2007).

São vários os autores que compartilham a ideia de que o sistema nuclear de número estaria formado, na realidade, por dois sistemas distintos: um sistema que representa magnitudes numéricas aproximadas e outro encarregado das representações precisas de indivíduos distintos. (FEIGENSON; CAREY; SPELKE, 2004a; FEIGENSON; DEHAENE; SPELKE, 2004; CAREY, 2009). Feigenson, Carey e Spelke (2004) e Feigenson, Dehaene e Spelke (2004) observam que o primeiro desses sistemas representaria números grandes de objetos ou eventos como conjuntos com valores analógicos aproximados o que permitiria a comparação numérica entre conjuntos. Já o segundo sistema representaria quantidades pequenas, relativas a indivíduos distintos e exatos e daria conta das operações de adição ou remoção de um indivíduo de cena.

A hipótese da existência de dois sistemas para a representação de numerosidade tem sido, em boa medida, motivada por resultados procedentes de pesquisas que investigam a existência de habilidades numéricas em bebês e crianças pequenas. A seguir oferecemos uma breve revisão dos principais achados reportados nessa literatura.

Desenvolvimento da cognição numérica: o conhecimento inicial

O chamado **senso numérico** é uma habilidade que os seres humanos compartilham com várias outras espécies e diz respeito à capacidade de reconhecer a diferença entre um único objeto e conjuntos formados por dois ou três objetos (DEHAENE, 1997). Enquanto o senso numérico não requer um

conceito de número propriamente dito, a capacidade numérica implica lidar com os números como entidades abstratas e envolve a contagem (DEVLIN, 2003). Diferentemente do senso de número com o qual nascemos, tanto os números quanto a contagem são noções a serem aprendidas. O domínio da aritmética, por sua vez, requer a aprendizagem de sequências de operações com números, isto é, demanda uma capacidade algorítmica. Outras habilidades ou capacidades viriam a contribuir para o desenvolvimento da capacidade matemática, em contraste com a capacidade aritmética. A capacidade de lidar com abstrações, o senso de causa/efeito (que outras espécies também partilham), a habilidade de elaborar e seguir uma sequência causal de fatos ou eventos e o desenvolvimento dos raciocínios lógico, relacional e espacial completam o conjunto de aptidões que, combinadas, permitiriam aos seres humanos lidar com a matemática (DEVLIN, 2003).

Na literatura sobre o desenvolvimento da cognição numérica, assim como no debate sobre a origem do conhecimento de um modo geral, se destacam duas perspectivas associadas a quadros teóricos bem diferenciados: empirismo e nativismo ou inatismo. De um lado, encontramos um conjunto de pesquisas embasadas no paradigma construtivista fundado por Piaget que coloca a ênfase no papel da experiência sensório-motora, ao longo dos primeiros anos de vida, como um fator constitutivo na construção do conhecimento. Do outro, estudos que adotam os pressupostos inatistas e que trazem dados indicativos de competências precoces e modularidade nos diferentes domínios da cognição.

De acordo com os pressupostos construtivistas, os princípios da lógica começam a se desenvolver antes da linguagem e são gerados a partir das ações sensoriais e motoras do bebê: *“le langage ne constitue pas la source de la logique, mais est au contraire structuré par elle”*⁵ (PIAGET; INHELDER, 1966, p.71). No que diz respeito especificamente à construção do número, assume-se que é correlativa ao desenvolvimento da lógica. Piaget concebeu dois tipos ou polos de conhecimento: o conhecimento físico num extremo e o conhecimento lógico-matemático no outro. O primeiro se refere ao conhecimento dos objetos da realidade externa. Propriedades físicas como a cor e o peso de um objeto são exemplos de atributos que estão **nos** objetos. Contudo, perceber a diferença entre um objeto vermelho e outro azul seria um exemplo de conhecimento lógico-matemático (KAMII, 1995). Isto é, a diferença é definida como **uma relação criada mentalmente** pelo indivíduo que relaciona os dois objetos e não está nem **em** um nem **no** outro (outros exemplos de relações são: **parecido, mesmo peso, dois** etc.). O conhecimento lógico-matemático é uma construção a partir das relações que a criança elabora com base nas ações sobre os objetos (PIAGET; SZEMINSKA, 1975).

⁵ “A linguagem não constitui a fonte da lógica, mas é estruturada por ela.” (PIAGET; INHELDER, 1966, p.71, tradução nossa).

Nessa visão, o número é uma relação criada mentalmente por cada indivíduo (KAMII, 1995). A construção da noção de número se apoia nas estruturas de classes e de relações. Segundo resultados experimentais reportados por Piaget e Szeminska (1975), a estrutura operatória imanente à série dos números inteiros (1, 2, 3...) é elaborada com base na síntese, num único sistema, de duas estruturas mais simples: o grupamento da inclusão de classes ($A+A' = B$; $B+B' = C$; $C+C' = D$ etc.) e a seriação das relações de ordem ($A - A' - B' - C'$ etc.). A construção do número cardinal separadamente do número ordinal não seria possível, já que ambos se constituem de maneira indissociável a partir da reunião das classes e das relações de ordem.

Cardinação e ordenação são dois aspectos fundamentais do conceito de número. Dessa forma, a contagem por parte de crianças pequenas não corresponde verdadeiramente à posse do conceito de número, já que esta só se verifica no momento em que cardinação e seriação se integram. O indicador, no comportamento da criança, dessa integração seria o surgimento da conservação das quantidades discretas diante de transformações espaciais numericamente irrelevantes. Na tarefa clássica de conservação, Piaget e colaboradores apresentavam às crianças participantes entre 7 e 10 fichas azuis bem alinhadas e solicitavam que elas colocassem outras tantas vermelhas. Posteriormente as crianças eram interrogadas sobre a equivalência entre ambos os conjuntos de elementos antes e depois de transformações numa das fileiras (transformações que alteravam a correspondência visual **um-a-um**, mas não o número real de elementos). Com base nos resultados obtidos, Piaget conclui que as crianças passariam por vários estágios de desenvolvimento até dominar completamente a conservação.

Nessa perspectiva, para consolidar-se, o conceito de número precisa de uma estrutura operatória de conjunto. Essa estrutura mais global é elaborada pela síntese de duas estruturas mais simples que são a inclusão de classes ($A+A' = B$; $B+B' = C$; $C+C' = D$ etc.) e a seriação ou encadeamento de relações aritméticas transitivas ou relação de ordem ($A > B$, $B > C$ e $C < B < A$). Segundo Piaget, essa síntese entre a inclusão e a seriação, apoiada na conservação, consolida-se em torno dos sete a oito anos e, nesse momento, só se aplica aos primeiros números naturais, mas, aos poucos, vai-se generalizando e, progressivamente, estende-se aos demais números. Em suma, o conceito de número, para Piaget, é uma síntese de dois tipos de relações que a criança elabora entre os objetos: a ordem e a inclusão hierárquica. Para quantificar os objetos como um conjunto a criança tem de colocá-los numa relação de inclusão hierárquica. Estabelecer essa relação significa incluir mentalmente **um** em **dois**, **dois** em **três**, **três** em **quatro** e assim por diante.

Enquanto a abordagem piagetiana enfatiza fortemente o papel da ação da criança sobre o meio físico no processo de desenvolvimento cognitivo, uma

tendência marcante na literatura de cunho nativista tem sido a de fornecer evidências de capacidades numéricas em crianças bem menores que os sujeitos piagetianos (NEWCOMBE, 2002).

Boa parte dos resultados que apontam a existência de habilidades numéricas precoces se baseia em um dos seguintes paradigmas experimentais: habituação/novidade e transformação, também chamados de violação das expectativas. No paradigma de habituação, baseado no pressuposto da preferência pela novidade, as crianças são expostas sucessivamente a estímulos contendo um número fixo de itens e depois são testadas com um estímulo contendo um novo número de elementos. O aumento no tempo de fixação do olhar é tomado como indicador de que as crianças discriminam numerosidades.

A segunda fonte de evidência sobre a competência numérica em bebês provém de estudos baseados em transformações que produzem uma violação das expectativas. Nos experimentos que empregam essa metodologia são apresentados problemas aritméticos simples envolvendo adição ou subtração para as crianças e o tempo que a criança olha para os eventos esperados e inesperados é comparado. O trabalho de Wynn (1992) com crianças de 5 meses de idade é um exemplo bem conhecido deste paradigma. Um boneco é apresentado para a criança e em seguida fica oculto por uma tela. Uma mão bem visível carregando um segundo boneco aparece na cena, passa por trás da tela e volta a aparecer vazia. Diante desse evento $1+1$ a compreensão da criança é testada comparando a situação esperada (dois bonecos) com uma situação inesperada (um único boneco). Os resultados mostram que as crianças olham significativamente por mais tempo a tela do boneco solitário, sugerindo que elas realmente esperam que $1+1=2$. Outro grupo de crianças foi submetido à condição de subtração na qual dois bonecos aparecem e uma mão aparentemente tira um deles por trás da cena. Novamente as crianças prestaram mais atenção à cena que violava as suas expectativas (no caso, $2-1=2$). Uma terceira condição – $1+1=2$ ou 3 – foi avaliada e os resultados apontaram na mesma direção: as crianças esperavam exatamente 2 bonecos como resultado e não simplesmente “mais que 1”. Esse experimento foi replicado várias vezes (ULLER et al., 1999) e as transformações estendidas para $2+1$ e $3-1$.

Resultados de trabalhos pioneiros como os de Strauss e Curtis (1981) com crianças de 10-12 meses e de Treiber e Wilcox (1984), com crianças de 4 meses de idade, foram tomados como evidência de que habilidades mais sofisticadas, como a contagem, seriam precedidas por um conhecimento anterior de numerosidade. Todavia, essas primeiras pesquisas têm sido criticadas já que nos experimentos relatados algumas variáveis, como o tamanho dos elementos dos conjuntos, não foram mantidas constantes. Feigenson, Hauser e Carey (2002) questionam se o comportamento das crianças nesses estudos constitui uma evidência confiável da

percepção do número ou trata-se de um efeito de variáveis contínuas correlatas não controladas. Por conta desses possíveis problemas metodológicos, a questão de crianças pequenas serem ou não capazes de representar numerosidade *per se* continuava em aberto (XU, 2003; SERON; PESENTI, 2001). Embora várias pesquisas apontassem para habilidades precoces, a presença de evidências conflitantes não contribuiu inicialmente para a resolução satisfatória do problema. Estudos recentes que introduzem modificações nos testes visando superar as limitações anteriores têm trazido evidências compatíveis com a ideia de que crianças pequenas efetivamente representam numerosidade e raciocinam sobre as propriedades numéricas de conjuntos.

O trabalho de Xu e Spelke (2000) e as posteriores ampliações realizadas por Xu (2000; 2003) trazem evidências que sugerem que bebês de 6 meses discriminam conjuntos grandes de pontos com base na numerosidade quando outras variáveis (superfície total ocupada, densidade dos pontos, luminosidade dos objetos etc.) são controladas. Foi determinado, ainda, que a razão entre os conjuntos a serem discriminados deve ser grande, uma vez que as crianças distinguiram 8 vs 16 elementos, mas não 8 vs 12. Esses resultados foram replicados e ampliados por Xu (2000), testando a reação das crianças diante de 16 e 32 elementos. Já no estudo de Xu (2003), foi comparado o desempenho de crianças de 6 meses com números pequenos (2 *versus* 4) e maiores (4 *versus* 8). Os resultados mostraram que as crianças se saíram bem na comparação de conjuntos de 4 e 8 elementos, mas não na discriminação entre 2 e 4. Os resultados reportados por Cordes e Brannon (2008), Xu, Spelke e Goddar (2005) e McKrick e Wynn (2004) também apontam na mesma direção. Tomados em conjunto, esses achados experimentais têm sido interpretados como indicadores de que habilidades de discriminação numérica em crianças pequenas estão relacionadas com a fração de Weber entre as numerosidades a serem discriminadas⁶. As crianças parecem distinguir 8 de 16 e 16 de 32, mas não se saem bem na discriminação de 8 de 12 e 16 de 24. Em outras palavras, os resultados sugerem que crianças pequenas precisam pelo menos de uma razão 1:2 entre as numerosidades comparadas para poder estabelecer uma distinção entre os conjuntos contrastados.

Os resultados reportados por Lipton e Spelke (2003) vão na mesma direção. Nesse estudo foi investigada a sensibilidade de crianças frente a numerosidades grandes aproximadas apresentadas sob a forma de sequências auditivas empregando a técnica da escuta preferencial. A duração dos elementos e das sequências, intervalos entre os elementos e intensidade do som foram controladas. Os resultados indicaram que crianças de 6 meses discriminaram 16 frente a 8 sons, mas falharam ao distinguir 12 de 8, fornecendo evidência

⁶ A lei de Weber define uma relação quantitativa entre a magnitude de um estímulo físico e o modo como ele é percebido. Essa lei estabelece que a menor mudança discernível na magnitude de um estímulo é proporcional à magnitude do estímulo.

de que a mesma razão observada nos estímulos visuo-espaciais também afeta a percepção da numerosidade nas sequências auditivo-temporais. Bebês de 9 meses de idade, no entanto, discriminaram com sucesso conjuntos de 12 e 8 sons, mas não de 10 e de 12, o que parece compatível com a ideia de que a discriminação da numerosidade melhora a sua precisão com o desenvolvimento. Um estudo posterior com bebês de 6 e 9 meses (LIPTON; SPELKE, 2004) mostrou que a capacidade de discriminação numérica das crianças está sujeita aos mesmos limites em termos de razão entre os conjuntos contrastados que são observados em adultos (BARTH; KANWISHER; SPELKE, 2003). Sendo assim, o mecanismo que subjaz à representação de quantidades grandes parece ser compartilhado por adultos e crianças pequenas.

Os dados reportados por Feigenson, Hauser e Carey (2002), no entanto, parecem contradizer as afirmações anteriores. Nesse trabalho, é relatado que a representação da área da superfície ocupada e outras variáveis relacionadas influenciam o comportamento das crianças nas tarefas de habituação e transformação. Assim, quando o número se opõe a outras variáveis, não foi registrada discriminação entre números pequenos (1, 2 ou 3) em conjuntos de objetos tridimensionais. Os autores consideram que o comportamento da criança pode depender de múltiplos mecanismos, alguns dos quais seriam não numéricos, na resolução de tarefas que vêm sendo interpretadas como indicadoras de competência numérica.

Esses achados, assim como os resultados relatados por Clearfield e Mix (1999), aparentemente contestam, ou pelo menos relativizam, as supostas habilidades numéricas precoces das crianças. Todavia, Xu (2003) chama a atenção para o fato de que os resultados conflitantes provêm de estudos que avaliam a sensibilidade a numerosidades pequenas (1 vs 2 e 2 vs 3 em Feigenson (2002) e 2 vs 3 nos experimentos de Clearfield e Mix (1999)). Xu (2003) propõe que esses resultados aparentemente problemáticos são na realidade indícios da existência de dois sistemas de representação de número: o *object-tracking system*, cuja propriedade principal é o tamanho limite do conjunto (3 ou 4 elementos em adultos e crianças) e o sistema de estimação de número (*number estimation system*) que atua de acordo com a Lei de Weber e que permite discriminar com sucesso a razão entre dois números, mas não estabelecer a diferença absoluta entre eles.

Leslie e Chen (2007), por sua vez, também reportam resultados que sugerem que as crianças são capazes de representar numerosidades pequenas exatas. Esse resultado, contudo, pode ser explicado com base na idade das crianças avaliadas. Enquanto nos testes que mostraram a dificuldade das crianças em lidar com numerosidades pequenas, os sujeitos tinham 6 meses de idade (FEIGENSON; HAUSER; CAREY, 2002; CLEARFIELD; MIX, 1999), nesta pesquisa os participantes tinham 11 meses. Como já foi salientado,

a discriminação da numerosidade parece melhorar a sua precisão com o desenvolvimento e, nesse sentido, a idade é uma variável crucial a ser considerada nas pesquisas.

De um modo geral, os resultados de pesquisas sobre a cognição numérica em bebês parecem sustentar a ideia, já mencionada, de que existem dois sistemas para a representação de numerosidade. Izard et al. (2008) consideram que os humanos possuem dois sistemas não verbais para a representação do número que estão sujeitos a restrições no que tange ao seu poder representacional. O primeiro desses sistemas permite representar o número de uma forma aproximada e o segundo veicula informação sobre números pequenos. Já a capacidade de lidar com números exatos maiores estaria, como veremos a seguir, vinculada à manipulação de símbolos numéricos.

Conhecimento nuclear, língua e habilidades cognitivas superiores

Na seção anterior foram comentadas pesquisas que apontam para a existência de dois sistemas para a representação e computação de numerosidades. Resultados de experimentos com bebês, crianças e adultos permitem afirmar que esses dois sistemas têm características bem diferenciadas, estão disponíveis desde muito cedo e continuam atuantes na cognição adulta. Há evidências de que a língua forneceria um suporte para a combinação de representações provenientes de ambos os sistemas de representação de número e ainda que seria essencial na codificação e manipulação de quantidades exatas. A aquisição da contagem verbal parece ter um papel relevante no desenvolvimento de uma cognição numérica mais sofisticada, isto é, que vai além dos dois sistemas de representação antes caracterizados e que outras espécies também possuem.

Pesquisas têm apontado que, com base nos dois sistemas nucleares antes mencionados, bebês e crianças pequenas representam tanto indivíduos em conjuntos de até três elementos (por meio da individuação em paralelo dos mesmos), quanto conjuntos de quantidades aproximadas, mas falham na combinação de ambas as representações num **conjunto de indivíduos** (SPELKE, 2003; CAREY, 2009). Esse conceito de conjunto de indivíduos é central na contagem, na aritmética simples e no que diz respeito a todos os conceitos ligados ao número natural. Spelke lança a hipótese de que a língua poderia ser o suporte da combinação entre ambos os sistemas.

O comportamento de crianças em diversas tarefas não linguísticas (FEIGENSON; CAREY, 2005; FEIGENSON, HAUSER; CAREY, 2002) sugere que a distinção singular/plural não faria parte dos sistemas nucleares de representação de número. Desta forma, o aprendizado dos numerais e a rotina de contagem permitiria às crianças combinar as representações dos objetos individuais com as

representações de numerosidades aproximadas para construir um novo sistema de conhecimento numérico, no qual cada número permite distinguir um conjunto de indivíduos com um valor cardinal distintivo.

Estudos conduzidos com duas tribos ágrafas da Amazônia trazem evidências que reforçam as conclusões das pesquisas com bebês no que diz respeito à existência de dois sistemas de representação de numerosidade e põem em relevo a questão da relação entre língua e desenvolvimento da cognição numérica. Gordon (2004) investigou o desempenho de falantes de Pirahã em tarefas envolvendo avaliação de quantidades. Essa língua exibe um sistema de contagem do tipo **um-dois-muito**, isto é, consta das palavras ‘hói’ (**um**), ‘hoi’ (**dois**) e ‘baagi’ ou ‘aibai’ (**muito**) utilizadas para quantidades maiores que dois. Os resultados obtidos sugerem que a cognição numérica é afetada pela falta de um sistema de contagem mais complexo. O desempenho com quantidades maiores de três foi significativamente pobre, mas mostrou um coeficiente de variação constante, fato que sugere um processo de estimação por analogia. O sistema de contagem Pirahã limitaria a possibilidade de enumerar quantidades exatas quando o tamanho dos conjuntos ultrapassa os dois ou três elementos. A habilidade de calcular por analogia exibida pelos nativos parece ser, contudo, um tipo de competência numérica que parece imune à ausência de um sistema específico na língua. Cabe salientar que o trabalho de Gordon tem gerado críticas; em particular, Frank et al. (2008) e Everett (2005; 2007) questionam esses resultados e defendem que a língua Pirahã não contém numerais nem outros termos relativos à quantificação⁷.

Pica et al. (2004), por sua vez, reportam um estudo conduzido com falantes de outra língua amazônica, o Mundukuru, que possui numerais até o cinco. Falantes dessa língua demonstraram serem capazes de realizar comparações aproximadas entre conjuntos grandes, mas fracassaram em tarefas que requeriam uma aritmética exata com números maiores de 4 ou 5. Esses resultados em conjunto suportam a ideia de que existe uma distinção entre um sistema universal de aproximação numérica e um sistema de contagem baseado na linguagem para números exatos e aritméticos.

Outras evidências compatíveis com a ideia de que haveria uma relação entre a língua e a codificação precisa de quantidades provêm de testes conduzidos com falantes bilíngues (SPELKE; TSIVKIN, 2001b). Resultados de experiências feitas com bilíngues em espanhol/inglês com base numa metodologia de treinamento sugerem que a representação de numerosidades grandes e exatas depende, pelo menos em parte, de uma língua específica.

⁷ Limitamo-nos apenas a mencionar essa discussão já que o debate sobre esse ponto foge ao escopo deste trabalho. Para uma visão completa do debate indicamos a leitura de Nevins et al. (2007) além dos outros textos anteriormente mencionados.

Segundo Spelke (2000, 2003), de um modo geral, a língua permitiria o estabelecimento de relações entre representações dos diferentes sistemas nucleares, possibilitando a construção de representações ainda mais ricas e complexas. Nesta perspectiva, as habilidades cognitivas distintivas da espécie humana derivariam precisamente dessas relações. Spelke e Tsivkin (2001a) argumentam que a língua é um sistema de representação que contém termos para se referir a objetos e relações cujas representações primárias são construídas por uma série de diversos sistemas modulares. A língua é vista assim como um sistema combinatório que permite que termos sejam combinados independentemente do seu conteúdo de domínio específico. Por conseguinte, a língua pode vir a auxiliar na criação de conceitos, expandindo o alcance destes por meio da combinação de termos que mapeiam diferentes representações não verbais. Nesta perspectiva, a linguagem proporciona um meio importante para a organização de informação, permitindo que as pessoas ampliem o âmbito das suas fontes representacionais, codificando e lembrando rotas através do espaço, localizando objetos e locais, quantificando de forma precisa conjuntos de elementos etc.

No caso específico da cognição numérica, o fato de a língua fornecer itens específicos para a codificação de quantidades exatas por meio dos numerais parece ser crucial para o desenvolvimento do conceito de número natural. Resultados experimentais de uma pesquisa recente sobre aquisição de numerais, conduzida no Brasil, trazem resultados compatíveis com a ideia de que os numerais seriam associados desde cedo a quantidades exatas, mesmo durante a fase em que a criança ainda não aprendeu o significado de cada um dos itens da sequência, isto é, o valor cardinal associado a cada elemento (MARCILESE, 2011a; MARCILESE; CORRÊA; AUGUSTO, 2011b). Essa propriedade (= representar quantidades exatas) distinguiria crucialmente numerais de outras expressões de quantidade presentes nas línguas. Os resultados dessa pesquisa sugerem que, embora interpretações aproximadas associadas aos numerais sejam possíveis (**dois = pelo menos dois, mas talvez mais**), crianças a partir dos dois anos de idade e adultos interpretam esses elementos como veiculando informação preferencialmente exata. Isso foi verificado ainda em contextos que poderiam favorecer leituras escalares ou aproximadas dos numerais; isto é, leituras do tipo “**três inclui dois**”. Tem sido salientado que a aquisição dos numerais envolve um processo longo e demorado (MARCILESE, 2011a; MARCILESE, CORRÊA, AUGUSTO, 2011b). Dito processo pode ser explicado com base na ausência de um único sistema para a representação de numerosidades exatas (lembrando que haveria dois sistemas de representação de numerosidade). Em outras palavras, diante da falta desse sistema único, a criança é incapaz de simplesmente mapear os numerais com conceitos já existentes. Em vez disso, a criança precisa criar representações conceituais que vão além dos dois sistemas nucleares já caracterizados (CAREY, 2009). A

língua tem um papel relevante nesse processo, uma vez que fornece os rótulos associados a cada numerosidade.

Em Marcilese (2011a) foi defendida a hipótese de que existe uma correlação entre o domínio de quantidades exatas e a compreensão dos numerais e que o fato de a língua fornecer representações específicas para quantidades exatas poderia ser fundamental no desenvolvimento de habilidades numéricas. Resultados de uma pesquisa com crianças portadoras de SLI (do inglês, *Specific Language Impairment*, comumente traduzido ao português como Déficit Especificamente Linguístico ou Déficit ou Desvio Específico da Linguagem (DEL)) trazem evidências compatíveis com essa hipótese (DONLAN et al., 2006). As crianças SLI avaliadas apresentaram problemas na aquisição da contagem assim como também no desenvolvimento de habilidades de cálculo e na aquisição do princípio de *place-value*⁸ na notação arábica. Na nossa perspectiva, a correta aquisição da sequência de contagem que – conforme a nossa hipótese – envolveria crucialmente o reconhecimento dos numerais como elementos que fazem referência preferencialmente a quantidades exatas, seria essencial para o posterior desenvolvimento de habilidades mais complexas, como por exemplo, o cálculo.

Considerações finais

Resultados experimentais com bebês e animais de diversas espécies têm revelado que eles possuem representações sobre diversos tipos de entidades e suas relações no mundo, agindo em conformidade a estas. Certos conhecimentos não fazem, contudo, parte da dotação inicial dos sistemas nucleares. O desenvolvimento da noção de número natural, por exemplo, parece depender da aquisição de uma língua e, em particular, de uma língua que contenha termos específicos para nomear quantidades exatas; isto é, numerais.

A aquisição dos numerais está diretamente vinculada à aquisição da sequência de contagem. Assim, diferentemente de outros itens lexicais os numerais não são adquiridos como palavras isoladas, mas como parte de uma sequência hierarquicamente organizada. Esse processo envolve não apenas aspectos linguísticos – como, por exemplo, a identificação das propriedades sintáticas ou semânticas dos elementos que compõem a sequência de contagem – mas também a compreensão das propriedades específicas (e não linguísticas) da sequência. A aquisição completa dos numerais – ou seja, considerando os fatores linguísticos e não linguísticos envolvidos – implica uma tarefa cognitivamente árdua e complexa. Inicialmente, a criança aprende os primeiros numerais, mas

⁸ Nosso sistema de numeração se baseia nesse princípio segundo o qual a posição de cada dígito indica seu valor, fato que nos permite estabelecer uma diferença entre magnitudes como 2, 20, 200, 2000 etc.

carecendo da noção de que se trata de uma sequência de itens ordenados. Nesse momento os numerais são repetidos como uma espécie de música ou jogo de palavras, sem significado. O numeral **um** é o primeiro a ser dominado pelas crianças, mas o período necessário para a aquisição do significado de **dois** e **três** é consideravelmente longo. A compreensão de que os numerais se vinculam com a ação de contar propriamente dita também é demorada. No começo, mesmo quando as crianças já conseguem recitar os numerais até dez, elas não conseguem estabelecer corretamente uma correlação um a um entre os elementos de um conjunto e os numerais. O fato de a linguagem fornecer um repertório de itens específicos para quantidades exatas contribuiria tanto para a compreensão da noção de “conjunto de indivíduos” quanto na emergência do conceito de número natural.

O quanto o fato de possuir uma língua natural pode ter afetado o funcionamento da cognição da espécie humana é uma questão para a qual ainda não existe uma resposta. Foi a língua a que provocou as mudanças que fizeram aumentar a distância entre humanos e outras espécies ou foram outras mudanças as que, por sua vez, permitiram a emergência de uma faculdade da linguagem? A questão é, sem dúvida, complexa e instigante. Um longo caminho deverá ainda ser percorrido até se chegar a uma resposta satisfatória para essa e outras perguntas sobre o papel da língua na cognição.

Agradecimentos

A autora agradece o suporte fornecido pelo CNPq para o desenvolvimento da tese de doutorado da qual este artigo é resultado (Processo 140804/2007-2). A presente pesquisa está integrada ao Projeto Humanidades da FAPERJ *Recursividade, custo de processamento, habilidades numéricas e teoria da mente: relação entre língua e habilidades cognitivas superiores* (Processo E-26/112.273/2008, coordenado pela Profa. Letícia Sicuro Corrêa).

MARCILESE, M. Language acquisition and higher cognitive functions: the role of language in numerical cognition development. *Alfa*, São Paulo, v.56, n.2, p.557-581, 2012.

- *ABSTRACT: This paper investigates the possible relationship between language acquisition and the configuration of a sophisticated numerical cognition. We provide an introduction to one of the main theoretical perspectives with regard to human cognition development: the hypothesis of nuclear systems (SPELKE, 1992/2010), as well as a complete and updated overview of the studies on numerical cognition, including results of a recent survey conducted in Brazil. It is assumed that language is responsible for the combination of representations provided by two basic systems for numerosity processing. One of these systems represents approximate quantities, while the other deals with the representation of small numbers*

processed through the identification of individuals in parallel. It is argued that – with regard to the concept of number, but also in a more general way – natural language has a special relevance in the integration of information, allowing the combination of lexical items associated with different kinds of non-verbal representations, therefore assisting in the expansion of the scope of concepts by children.

- **KEYWORDS:** Language. Higher cognitive functions. Core knowledge systems. Numerical cognition.

REFERÊNCIAS

BALDO, J.V. et al. Is problem solving dependent on language? *Brain and Language*, San Diego, v.92, n.3, p.240-250, 2005.

BARTH, H.; KANWISHER, N.; SPELKE, E. S. The construction of large number representations in adults. *Cognition*, Amsterdam, v.86, p.201-221, 2003.

BARTH, H. et al. Non-symbolic arithmetic in adults and young children. *Cognition*, Amsterdam, v.98, p.199-222, 2006.

CAREY, S. *The origin of concepts*. New York: Oxford University Press, 2009.

CAREY, S.; SPELKE, E. S. Science and core knowledge. *Philosophy of Science*, Baltimore, v.63, n.4, p.515-533, 1996.

CHOMSKY, N. On minds and language. *Biolinguistics*, Barcelona, v.1, p.9-27, 2007.

_____. *New Horizons in the study of language and mind*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

_____. Derivation by phase. *MIT Occasional Papers in Linguistics*, Cambridge, v.18, p.01-43, 1999.

_____. *Language and problems of knowledge*. Massachusetts: MIT, 1998.

_____. *The minimalist program*. Cambridge: MIT, 1995.

_____. *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge: MIT, 1965.

CLEARFIELD, M. W.; MIX, K. S. Number versus contour length in infants' discrimination of small visual sets. *Psychological Science*, Baltimore, v.10, p.408-411, 1999.

CONDY, K. F.; SPELKE, E. S. The development of language and abstract concepts: the case of natural number. *Journal of Experimental Psychology: General*, Washington, v.137, n.1, p.22-38, 2008.

CORDES, S.; BRANNON, E. The difficulties of representing continuous extent in infancy: using number is just easier. *Child Development*, Chicago, v.79, n.2, p.476-489, 2008.

CORVER, N.; DOETJES, J.; ZWARTS, J. Linguistics perspectives on numerical expressions: Introduction. *Lingua*, Amsterdam, v.117, p.751-757, 2007.

DEHAENE, S. *The number sense*. New York: Oxford University Press, 1997.

DEHAENE, S. et al. Core knowledge of geometry in an Amazonian indigene group. *Science*, Washington, v.311, p.381-384, 2006.

DELAZER, M. et al. Numerical skills and aphasia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, Cambridge, v. 5, p.213-221, 1999.

DEVLIN, K. *O gene da matemática*. Rio de Janeiro: Record, 2003.

DONLAN, C. et al. The role of language in mathematical development: evidence from children with specific language impairments. *Cognition*, Amsterdam, v.103, n.1, p.23-33, 2007.

EVERETT, D. Cultural constraints on grammar in Pirahã: a reply to Nevins, Pesetky and Rodrigues. *LingBuzz*, 2007.

_____. Cultural constraints on grammar and cognition in Pirahã. *Current Anthropology*, Chicago, v.46, p.621-646, 2005.

FEIGENSON, L.; CAREY, S. On the limits of infants quantification of small object arrays. *Cognition*, Amsterdam, v.97, p.295-313, 2005.

FEIGENSON, L.; CAREY, S.; SPELKE, E. S. Core system of number. *Trends in Cognitive Science*, Cambridge, v.8, n.7, p.307-314, 2004.

FEIGENSON, L.; DEHAENE, S.; SPELKE, E. S. Origins and endpoints of the core systems of number: reply to fias and verguts. *Trends in Cognitive Science*, Cambridge, v. 8, n.10, p.448-449, 2004.

FEIGENSON, L.; HAUSER, M.; CAREY, S. The representations underlying infant's choice of more: object files versus analog magnitudes. *Psychological Science*, Baltimore, v.13, n.2, p.150-156, 2002.

FRANK, M. C. et al. Number as a cognitive technology: evidence from Pirahã language. *Cognition*, Amsterdam, v.108, n.3, p.819-824, 2008.

GILMORE, C. K.; MCCARTHY, S.; SPELKE, E. S. Symbolic arithmetic knowledge without instruction. *Nature*, London, v.447, p.589-591, 2007.

GORDON, P. Numerical cognition without words: evidence from Amazonian. *Science*, Cambridge, v.306, p.441-443, 2004.

HAUSER, M.; CHOMSKY, N.; FITCH, T. The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve? *Science*, Cambridge, v.298, p.1569-1579, 2002.

HAUSER, M.; SPELKE, E. Evolutionary and developmental foundations of human knowledge. In: GAZZANIGA, M. (Ed.). *The cognitive neurosciences*. Cambridge: MIT, 2004. v.3.

HERMER, L.; SPELKE, E. S. Modularity and development: the case of spatial reorientation. *Cognition*, Baltimore, v.61, p.195-232, 1996.

HERMER-VAZQUEZ, L.; SPELKE, E. S.; KATSNELSON, A.S. Sources of flexibility in human cognition: dual-task studies of space and language. *Cognitive Psychology*, New York, v.39, n.1, p.3-36, 1999.

HOLLEBRANDSE, B. et al. Second order embedding and second order false belief. In: GENERATIVE APPROACHES TO LANGUAGE ACQUISITION, 7., 2008, Somerville, *Proceedings...* Somerville: Cascadilla Press, 2008. Disponível em: <http://people.umass.edu/roeper/online_papers/Hollebrandse%20etal%20GALA2007%20submitted.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2011.

IZARD, V. et al. Exact equality and successor function: two key concepts on the path towards understanding exact numbers. *Philosophical Psychology*, Abingdon, v.21, n.4, p.491-505, 2008.

KAMII, C. *A criança e o número*. São Paulo: Papyrus, 1995.

KIM, I.; SPELKE, E. S. Perception and understanding of effects of gravity and inertia on object motion. *Developmental Science*, Mahwah, v.2, n.3, p.339-362, 1999.

KINZLER, K. D.; SPELKE, E. S. Core systems in human cognition. *Progress in Brain Research*, Amsterdam, v.164, p.257-264, 2007.

KRUSCHE, P.; ULLER, C.; DICKE, U. Quantity discrimination in salamanders. *Journal of Experimental Biology*, Cambridge, v.213, p.822-1828, 2010.

LEE, S. A.; SHUSTERMAN, A.; SPELKE, E. S. Reorientation and landmark-guided search by young children evidence for two systems. *Psychological Science*, Abingdon, v.17, n.7, p.577-582, 2006.

LESLIE, A. M.; CHEN, M. L. Individuation of pairs of objects in infancy. *Developmental Science*, Mahwah, v.10, n.4, p.423-430, 2007.

LIPTON, J. S.; SPELKE, E. S. Preschool children's mapping of number words to nonsymbolic numerosities. *Child Development*, Chicago, v.76, n.5, p.978-988, 2005.

_____. Discrimination of large and small numerosities by human infants. *Infancy*, Harvard, v.5, n.3, p.271-290, 2004.

_____. Origins of number sense: large-number discrimination in human infants. *Psychological Science*, Abingdon, v.14, n.5, p.396-401, 2003.

MARCILESE, M. Sobre o papel da língua no desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores. 2011. 196f. Tese (Doutorado em Letras) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011a.

MARCILESE, M.; CORRÊA, L. M. S.; AUGUSTO, M. R. A. A interpretação dos numerais na aquisição da linguagem. *Gragoatá*, Niterói, v.30, p.89-102, 2011b.

MCKRICK, K.; WYNN, K. Large-number addition and subtraction by 9-month-old infants. *Psychological Science*, Abingdon, v.15, n.11, p.776-781, 2004.

NEVINS, A.; PESETSKY, D.; RODRIGUES, C. Pirahã's Exceptionality: a reassessment. *LingBuzz*, 2007.

NEWCOMBE, N. S. The nativist-empiricist controversy in the context of recent research on spatial and quantitative development. *Psychological Science*, Abingdon, v. 13, n.5, p.395-401, 2002.

PIAGET, J.; INHELDER, B. *La psychologie de L'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France, 1966.

PIAGET, J.; SZEMINSKA, A. *A gênese do número na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

PICA, P. et al. Exact and approximate arithmetic in an Amazonian indigene group. *Science*, Cambridge, v.306, n.5695, p.499-503, 2004.

PREMACK, D.; WOODRUFF, G. Does the chimpanzee have a Theory of Mind? *Behavioral and Brain Sciences*, Cambridge, v.1, p.515-526, 1978.

SERON, X.; PESENTI, M. The number sense theory needs more empirical evidence. *Mind and Language*, Oxford, v.16, p.76-88, 2001.

SPAEPEN, E.; SPELKE, E. S. Will any doll do? 12-month-olds' reasoning about goal objects. *Cognitive Psychology*, New York, v.54, p.133-154, 2007.

SPELKE, E. What makes us smart? core knowledge and natural language. In: GENTNER, D.; GOLDIN-MEADOW, S. *Language in mind: advances in the study of language and thought*. Cambridge: MIT, 2003. p.277-311.

_____. Core knowledge. *American Psychologist*, Washington, v.55, p.233-243, 2000.

_____. Initial knowledge: six suggestions. *Cognition*, Baltimore, v.50, p.431-445, 1994.

SPELKE, E.; KINZLER, K. D. Core knowledge. *Developmental Science*, Mahwah, v.10, p.89-96, 2007.

SPELKE, E.; TSIVKIN, S. Initial knowledge and conceptual change: space and number. BOWERMAN, M.; LEVINSON, S. (Ed.). *Language acquisition and conceptual development*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001a.

_____. Language and number: a bilingual training study. *Cognition*, Baltimore, v.78, p.45-88, 2001b.

SPELKE, E. et al. Origins of knowledge. *Psychological Review*, Washington, v.99, p.605-632, 1992.

STRAUSS, M. S.; CURTIS, L. E. Infant perception of numerosity. *Child Development*, Chiacago, v.52, n.4, p.1146-1152, 1981.

TREIBER, F. A.; WILCOX, S. Discrimination of number by infants. *Infant Behavior & Development*, Norwood, v.7, n.1, p.93-100, 1984.

ULLER, C. Developmental and evolutionary considerations on numerical cognition: a review. *Journal of Evolutionary Psychology*, [S.l.], v. 6, n.4, p.237-253, 2008.

_____. *Origins of numerical concepts: a comparative study of human infants and nonhuman primates*. 1997. 179f. Thesis (Doctoral in Philosophy) – Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 1997.

ULLER, C.; LEWIS, J. Horses (*Equus caballus*) select the greater of two quantities in small numerical contrasts. *Animal Cognition*, Berlin, v.12, p.733-738, 2009.

ULLER, C. et al. Salamanders (*Plethodon cinereus*) go for more: rudiments of number in a species of basal vertebrate. *Animal Cognition*, Berlin, v.6, p.105-112, 2003.

_____. What representations might underlie infant numerical knowledge. *Cognitive Development*, [S.l.], v.14, p.1-36, 1999.

VAN DE WALLE, G.; SPELKE, E.S. Spatiotemporal integration and object perception in infancy. *Child Development*, Chicago, v.67, p.2621-2640, 1996.

VYGOTSKY, L. S. *Thought and language*. Mass: MIT, 1986.

VON HOFTEN, C.; FENG, Q.; SPELKE, E. S. Object representation and predictive action in infancy. *Developmental Science*, Mahwah, v.3, p.193-205, 2000.

WIESE, H. The co-evolution of number concepts and counting words. *Lingua*, Amsterdam, v.117, n.5, p.758-772, 2007.

WYNN, K. Addition and subtraction by human infants. *Nature*, London, v.358, p.749-750, 1992.

XU, F. Numerosity discrimination in infants: evidence for two systems of representations. *Cognition*, Baltimore, v.89, p.B15-B25, 2003.

_____. *Numerical competence in infancy: two systems of representation*. Paper presented at the 12th Biennial International Conference on Infant Studies. Brighton, 2000.

XU, F.; SPELKE, E. S. Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, Baltimore, v.74, p.B1-B11, 2000.

XU, F.; SPELKE, E.; GODDARD, S. Number sense in human infants. *Developmental Science*, Mahwah, v.8, n.1, p.88-101, 2005.

Recebido em 29 de setembro de 2011.

Aprovado em 20 de agosto de 2012.

