

## 2

### **Argumentação e pressupostos teóricos**

Como foi antecipado na introdução, este trabalho pretende abordar a questão do papel da língua no desenvolvimento de habilidades superiores – particularmente, no que diz respeito à cognição numérica – a partir de uma perspectiva que integra teorias lingüística e psicolingüística. O objetivo deste capítulo é explicitar o arcabouço teórico no qual a tese se embasa. Em primeiro lugar, são apresentados o modelo formal de língua e a teoria de aquisição da linguagem considerados, assim como a caracterização da hipótese dos sistemas nucleares cunhada por Spelke (2000, dentre outros), cujos pressupostos básicos são assumidos. Em seguida, é fornecida uma breve revisão dos principais achados experimentais vinculados ao desenvolvimento da cognição numérica e são tecidas algumas considerações no que diz respeito à relação entre conhecimento inicial, língua e habilidades cognitivas superiores. Por último, a articulação entre os principais pressupostos teóricos adotados é explicitada.

#### 2.1

##### **A língua na perspectiva minimalista: modelo formal e de aquisição assumidos**

No que concerne à teoria lingüística, o presente trabalho fundamenta-se na concepção de língua veiculada no PM (Chomsky, 1999, 2000, 2005; dentre outros). 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 lingüísticos no curso de uma derivação lingüística. Os traços semânticos estabelecem uma relação entre a língua e sistemas conceituais e intencionais. Traços fonológicos, por sua vez, permitem que relações de natureza semântica e sintática sejam veiculadas por um meio físico. Já os traços formais

representam no léxico aquela informação que é crucial para a operação do sistema computacional.

Assume-se como premissa básica que uma língua L incorpora, em seu léxico, propriedades informadas pelos sistemas conceitual/intencional e sensorio-motor com os quais interage e fornece a estes, em seus níveis de interface, informação que possibilita a percepção/articulação de enunciados lingüísticos e sua interpretação semântica. O intercâmbio de informações entre a língua e esses sistemas se realiza por meio de dois níveis de representação lingüística. O nível de representação que faz interface com o sistema articulatorio-perceptual é PF (*Phonetic Form*), ou seja, a interface fonética. O nível que faz interface com o sistema conceitual-intencional é LF (*Logical Form*), isto é, a interface semântica. É assumido que a informação disponível nos níveis de representação que fazem interface com os sistemas de desempenho deve ser interpretável ou, em outras palavras, legível nesses níveis. Nesse sentido, considera-se que os sistemas de desempenho impõem restrições de legibilidade ao sistema computacional. Uma derivação sintática que contenha elementos não legíveis aos sistemas de interface fracassa.

A derivação lingüística obedece ao chamado *Princípio da Interpretabilidade Plena* nas interfaces, aliado a condições gerais de economia que minimizam os recursos necessários para a implementação de uma computação<sup>1</sup>. Já a convergência de uma derivação gramatical para PF-LF é explicada em função do *Princípio da Interpretabilidade Plena* que garante a possibilidade de que as expressões lingüísticas geradas possam vir a ser faladas, percebidas, analisadas e interpretadas semanticamente. Para que uma expressão gerada pelo sistema computacional numa derivação seja reconhecida como uma expressão lingüística, esta tem de ser passível de alguma realização física – seja através de som ou outro meio alternativo como, por exemplo, no caso das línguas de sinais – assim como também, tem de ser passível de receber uma interpretação semântica (Corrêa, 2005).

Hauser, Chomsky & Fitch (2002, 2005) redefinem o que é considerado como

---

<sup>1</sup> As condições ou princípios de economia podem ser considerados, tanto de um ponto de vista estritamente formal, quanto por razões vinculadas à condução de operações computacionais em tempo real, embora esse último ponto não seja diretamente abordado no PM.

efetivamente sintático nas línguas humanas. O sistema computacional propriamente dito é definido como FLN (*Faculty of Language in the narrow sense*) e o conjunto deste com os sistemas cognitivos com os quais faz interface como FLB (*Faculty of Language in the broad sense*).

(...) We hypothesize that FLN only includes recursion and is the only uniquely human component of the faculty of language (2002:1569).

(...) a key component of FLN is a computational system (narrow syntax) that generates internal representations and maps them into the sensory-motor interface by the phonological system, and in to the conceptual-intentional-interface by the (formal) semantic system (...) All approaches agree that a core property of FLN is recursion, attributed to narrow syntax in the conception outlined. FLN takes a finite set of elements and yields a potentially infinite array of discrete expressions. This capacity of FLN yields discrete infinity (a property that also characterizes the natural numbers). At the minimum, then, FLN includes the capacity of recursion (...) The core recursive aspect of FLN currently appears to lack in animal communication and possibly in other domains as well (2002:1571).

(...) What is unique to our species is quite specific to FLN, and includes its internal operations as well as its interface with the other organism-internal systems of FLB (2002:1573).

Nas definições acima fica explícito que a caracterização da FLN está fortemente vinculada à noção de recursividade. Para os autores, a FLN incorpora o sistema computacional que é responsável pela construção de objetos sintáticos a partir de um arranjo de itens disponibilizados em uma *Numeração*. Sobre os itens da *Numeração* atuam as operações *Select*, *Merge*, *Agree/Move*. *Spell-Out* é o momento da derivação em que se separa a informação relevante a ser enviada a cada uma das interfaces: PF e LF.

O sistema computacional é caracterizado pela *recursividade*<sup>2</sup>, que é alcançada pela atuação da operação *Merge*. 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.

---

2 Hauser, Chomsky & Fitch (2002, 2005) entendem a *recursividade* como sendo o único componente especificamente lingüístico da faculdade da linguagem; contudo, esse componente não é definido como sendo especificamente humano, dado que pode estar presente em outros domínios compartilhados por outras espécies.

Esse objeto, por sua vez, pode ser combinado com outro elemento, de modo a formar um objeto mais complexo, e assim por diante, repetidamente. Logo, nesse sentido a recursividade parece poder ser derivada da própria atuação da operação *Merge*. Cabe salientar que nesse contexto o léxico teria um papel crucial na definição de *recursividade* na medida em que os itens lexicais carregam informação relativa à subcategorização, crucial na hora de definir a possibilidade de concatenação recursiva. *Merges* recursivos seriam reflexo da presença de mais de núcleo de um mesmo tipo na numeração, sendo que o que determina que um dado núcleo seja subordinado a outro do mesmo tipo diz respeito aos requerimentos específicos de subcategorização (i.e. o tipo de complemento que cada núcleo requer).

Chomsky (2007) enfatiza a importância da infinitude discreta<sup>3</sup> 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. (Chomsky, 2007:19).

Cabe salientar que, apesar de ocupar um lugar central na teoria, o conceito de recursividade não está isento de controvérsia. Dada a relevância dessa noção nesta pesquisa, o conceito é retomado no capítulo 4, no qual discutimos em detalhe os alcances e limites do termo tanto na Teoria Lingüística quanto na Matemática e na Ciência da Computação.

No quadro teórico anteriormente descrito, considera-se que ao adquirir uma língua, a criança tem de identificar as propriedades que são relevantes para a gramática da sua língua materna em função do modo como esse tipo de informação é expresso nas interfaces (Corrêa, 2009a e 2009b). Parte-se do pressuposto de que o sistema computacional é posto em operação à medida que elementos de classe aberta e fechada (elementos de categorias lexicais e de categorias funcionais) são identificados pela criança ao processar o material lingüístico a que tem acesso via

---

<sup>3</sup> *Recursividade e infinitude discreta* são utilizados por vezes como termos intercambiáveis (cf. Hauser et al., 2002; Chomsky 2007:20; dentre outros)

interface fônica. É, portanto, processando informação proveniente dessa interface que formas recorrentes são identificadas, tomadas como informação gramaticalmente relevante, ou seja, como informação pertinente a traços formais, a serem gradativamente especificados no curso do desenvolvimento lingüístico. O processo de identificação das formas da língua parte do pressuposto – por parte da criança – de que expressões lingüísticas são semanticamente interpretáveis e de que a fala implica referência a entidades e eventos. Dados reportados na literatura em aquisição da linguagem indicam que elementos funcionais são identificados como classe pela criança muito cedo em função de suas propriedades fônicas e distribucionais. Elementos de categorias funcionais são relevantes tanto no que diz respeito à estruturação sintática de enunciados lingüísticos quanto na expressão lingüística da referência (Corrêa, 2008; 2009a e 2009b). Em outras palavras, as categorias funcionais desempenham um duplo papel: por um lado fornecem um esqueleto sintático para expressões lingüísticas e, por outro, introduzem informação pertinente à referência proveniente das intenções de fala do falante e do contexto de enunciação no qual a fala se desenvolve.

No que refere ao processamento, segue-se aqui a proposta de Corrêa & Augusto (2006, 2007), segundo a qual a formulação de um enunciado parte de um conjunto de itens selecionados do Léxico Mental, em função de uma intenção de fala – o que seria equivalente a uma *Numeração* “motivada” ou não aleatoriamente formada. É assumido assim que, tanto os sistemas intencionais quanto conceituais, seriam responsáveis pela composição da mensagem que antecede o acesso lexical que daria origem ao que, em termos de processamento, seria equivalente ao que é formalmente apresentado numa derivação lingüística como *Numeração*. Os traços formais dos elementos de categorias funcionais estariam mais diretamente vinculados aos sistemas intencionais, enquanto os elementos de categorias lexicais teriam seus traços semânticos e formais mais diretamente vinculados aos sistemas conceituais.

No que diz respeito à produção, adota-se o pressuposto segundo o qual o conjunto de itens funcionais selecionados para compor uma *Numeração* seria responsável por promover a geração/computação de uma estrutura derivacional de tipo *top-down*. Em tal estrutura, a força ilocucionária seria codificada em C e a

referência a eventos no tempo e a entidades em T e D, respectivamente. O acesso a itens lexicais (que possuem uma estrutura argumental) por sua vez, promoveria a geração/computação de uma estrutura derivacional de tipo *bottom-up*, disparada pelos núcleos lexicais predicadores (V, N, Adj, etc.). Partindo dessas idéias, é assumida a existência de espaços derivacionais paralelos. Sendo assim, estruturas construídas tanto *top-down* (CP, TP, DP) quanto *bottom-up* (VP/vP, NP, ...) podem vir a compor um único marcador-frasal.

Com relação ao *parsing* (isto é, a análise de enunciados lingüísticos), são assumidas duas idéias principais: a primeira é que a análise parte da identificação dos elementos funcionais e lexicais; a segunda consiste em assumir que a seqüência organizada da esquerda para a direita reflete uma posição hierárquica (cf. Kayne, 1994). O reconhecimento de elementos funcionais por parte do *parser* desencadeia a derivação *top-down* de uma estrutura da qual esses mesmos elementos fazem parte como projeções máximas. Já o reconhecimento dos elementos lexicais possibilita a recuperação de informação associada à estrutura argumental dos núcleos predicadores. Desta forma, estruturas construídas de forma ascendente a partir desses núcleos se acoplam a posições requeridas pelos núcleos funcionais nas árvores derivadas de forma descendente.

Em suma, considera-se que a caracterização da língua em termos minimalistas, tanto no nível formal quanto no que tange à aquisição e ao processamento, permite repensar possíveis relações entre o sistema lingüístico e outros domínios cognitivos. A seguir, introduzimos as idéias sobre a cognição inicial defendidas por Spelke, cujos pressupostos são também assumidos nesta pesquisa.

## 2.2

### **Core systems: a hipótese dos sistemas nucleares**

No âmbito da Psicologia Cognitiva, Elizabeth Spelke e colaboradores (1992-2010) 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 as habilidades precoces vinculadas a vários domínios da cognição. Esses e outros estudos conduzidos com

bebês têm trazido evidências de 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 indicadores da presença de tais expectativas emergirem muito cedo sugere que fariam parte da dotação inata humana. Os conhecimentos precocemente exibidos pelas crianças possuem no mínimo duas características principais: eles são de domínio específico e são também específicos por tarefas (*task-specific*) (Spelke, 1994). O conhecimento inicial assim concebido parece incluir 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; dentre outros) tem articulado essas idéias na chamada “hipótese dos sistemas nucleares” (*core systems*). Esses sistemas podem ser definidos como alicerces cognitivos que emergiriam muito cedo, sendo em grande parte compartilhados por outras espécies. Num desdobramento posterior, a autora tem argumentado a favor da idéia de que a posse de uma língua natural seria o fator que viria a permitir ao ser humano ir além desses sistemas nucleares, desenvolvendo habilidades complexas únicas.

Spelke (1994, 2000, 2003; Hermer & Spelke, 1996; Carey & Spelke, 1996; Spelke & Tsivkin, 2001a e 2007b; Kinzler & Spelke, 2007; Spelke & Kinzler, 2007, dentre outros) postula a tese de que habilidades cognitivas complexas como a leitura e a capacidade de cálculo assim como outras conquistas cognitivas mais sofisticadas 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 proveriam o núcleo de todas as habilidades maduras. Sendo assim, 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 apontam para certos tipos de habilidades cognitivas fundamentais (*core cognitive abilities*) vinculadas a domínios específicos, como por exemplo, o da orientação espacial (Hermer & Spelke, 1996). Um importante conjunto de pesquisas sobre outros domínios, como o associado à percepção e representação de objetos (Van de Walle & Spelke, 1996; von Hofen et al., 2000; dentre outros) e a representação do número (Feigenson et al., 2002; Condry & Spelke, 2008; dentre outros), forneceram novas evidências que contribuíram na 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. Considera-se que tanto os estudos sobre a cognição em bebês e crianças pequenas, quanto a investigação com primatas diferentes do homem, podem vir a contribuir para a compreensão dos traços que distinguem o conhecimento humano. Com base em resultados obtidos em diversos testes com primatas não humanos e crianças pequenas, Hauser & Spelke (2004) propõem que os sistemas nucleares seriam caracterizados por quatro propriedades. Em primeiro lugar, eles são específicos por domínio de modo que cada sistema funciona representando um tipo particular de entidade tais como: indivíduos da mesma espécie, objetos manipuláveis, locais na disposição do entorno e numerosidades. Em segundo lugar, os sistemas nucleares 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). Cada sistema serve para representar classes particulares de entidades e para um conjunto particular de propósitos. Sistemas nucleares seriam ainda modulares<sup>4</sup>. Em outras palavras, cada sistema utiliza um subconjunto de informação

---

<sup>4</sup> A noção de modularidade, tal como definida por Fodor (1983), abrange crucialmente as seguintes propriedades:

(1) Sistemas modulares são de domínio específico; isto é operam e possuem uma arquitetura computacional que é única para um certo tipo de estímulo;

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. Por último, é assumido que os sistemas nucleares seriam inatos.

Kinzler & Spelke (2007) propõem que a cognição humana se funda, em grande parte, em quatro sistemas de representação relativos a: objetos, ações, número e geometria do ambiente (*geometry of the environment*). É postulada ainda a pertinência de um quinto sistema, especializado na representação de “parceiros sociais”, mas as características de tal sistema não são aprofundadas. É assumido que cada sistema está profundamente enraizado na filogenia e ontogenia humanas e que atuam guiando e modelando a vida mental dos humanos adultos.

O sistema nuclear para representar objetos teria como objetivo principal perceber os objetos e seus movimentos, preencher os limites e 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

- 
- (2) Sua operação é compulsória. Crenças, expectativas ou metas não afetam a operação dos módulos;
  - (3) O processamento modular é rápido, de fato encontra-se entre os mais velozes processos mentais, dado que os módulos são auto-contidos e não requerem informação externa ao próprio módulo para completar uma tarefa;
  - (4) Os módulos são informacionalmente encapsulados. Em outras palavras, não levam em conta informação diferente daquela a que são dedicados, o que impede a influência de outros sistemas ao longo do processamento de uma dada unidade.
  - (5) Os módulos fornecem *outputs* “rasos”, ou seja, muito básicos. Representações mais complexas procedem de computações de alto nível.

movimento, se movem 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 de representação de agentes e suas ações, por sua vez, não seria guiado por representações espaço-temporais como no caso dos objetos. Isto acontece porque agentes não precisam ser coesos nem contínuos nas suas trajetórias de movimento ou estarem sujeitos a 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. As crianças demonstram esperar ainda que os agentes interajam com outros agentes de forma contingente e recíproca. Embora os agentes não precisem necessariamente ter rostos 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 teria a função específica de captar a geometria do ambiente, incluindo informações relativas à distância, ângulos e sentido das relações entre superfícies extensas. Esse sistema não consegue representar propriedades não geométricas das superfícies 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 (cf. as pesquisas de Lee et al. (2006) com crianças, Kinzler & 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). Kinzler & Spelke (2007) salientam que têm sido postulados três conjuntos de princípios que caracterizariam esse sistema. Embora os seus méritos relativos ainda sejam discutidos, há um consenso geral 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, seqüências de sons e seqüências de ações percebidas ou produzidas. Por último, 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 & Spelke, 2005; Barth et al., 2006 e Gilmore et al., 2007; dentre outros).

Vários autores compartilham a idéia 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 et al., 2004a, 2004b; Carey, 2009; dentre outros). Feigenson et al. (2004a e 2004b) 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.

### **2.2.1**

#### **Desenvolvimento da cognição numérica: o conhecimento inicial**

O chamado *senso numérico* é uma habilidade que os seres humanos –

inclusive bebês muito novos já demonstram possuir – 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). Tanto os números quanto a contagem são noções a serem aprendidas, diferentemente do senso de número com o qual nascemos. O domínio da aritmética<sup>5</sup>, por sua vez, requer a aprendizagem de seqüências de operações com números, isto é, demanda uma capacidade algorítmica<sup>6</sup>. 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 seqüência 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, 2003:30).

Considera-se que existem três tipos de procedimentos por meio dos quais os seres humanos conseguem determinar quantos elementos comporta um dado conjunto: o *subitizing*, a avaliação global e a contagem propriamente dita (Fayol, 1996). O primeiro consiste em uma apercepção global da numerosidade de um conjunto. O termo *subitizing* (do latim “subitu” = *repentino*) foi cunhado por Kaufman et al. (1949) para designar a enumeração rápida, exata e confiável da numerosidade de um conjunto apresentado durante um período de tempo muito breve.

---

<sup>5</sup> A aritmética é um ramo ou precursor da matemática, que lida com as propriedades elementares de certas operações sobre números. Basicamente, a instrução matemática na escola tem seu foco no ensino de algoritmos para a aritmética de números:

- (i) Naturais, diretamente vinculados à contagem (0), 1, 2, 3...;
- (ii) Inteiros, que incluem números negativos dos naturais, ou seja, aqueles que somados a estes resultam em 0;
- (iii) Racionais, que incluem frações de dois inteiros e
- (iv) Reais, que incluem o conjunto dos números racionais que engloba não só os inteiros e os fracionários, positivos e negativos, mas também todos os números irracionais (que não podem obtidos pela divisão de dois números inteiros).

<sup>6</sup> Um algoritmo pode ser definido como uma seqüência especificada de passos ou instruções que permitem atingir um objetivo.

O *subitizing* permite uma avaliação eficaz sem recorrer à contagem, mas somente na medida em que o tamanho dos conjuntos seja limitado (até três elementos) ou quando os conjuntos estão organizados de acordo com disposições espaciais regulares (como por exemplo nas faces de um dado). O segundo procedimento mencionado é a chamada avaliação global que possibilita uma avaliação muito rápida, mas também aproximativa, do tamanho de um conjunto permitindo, por exemplo, estabelecer se um arranjo de elementos é maior ou menor que outro. Por último, a contagem propriamente dita, que se caracteriza por permitir uma quantificação precisa de conjuntos que podem ter tamanhos variados. A contagem “verdadeira” requer, pelo menos, a aplicação de rótulos cardinais ordenados de modo confiável, em correspondência *um-a-um* com os elementos do conjunto (Ottoni, 1993). Esses rótulos podem ser idiossincráticos e não precisam necessariamente ser de natureza verbal. A autêntica contagem supõe a posse de um *conceito de número* definido nos termos de uma habilidade numérica abstrata ou independente de modalidades, fato que se revela na capacidade de transferir discriminações numéricas entre diferentes modalidades sensoriais ou procedimentos.

Na literatura sobre o desenvolvimento da cognição numérica – assim como no debate sobre a origem do conhecimento de um modo geral<sup>7</sup> – 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<sup>8</sup> que coloca a ênfase no papel da experiência sensorio-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.

---

7 Ver Spelke (1998) para uma discussão sobre o debate empiricismo/inatismo de uma perspectiva nativista e Newcombe (2002) para uma leitura de orientação empirista dessa mesma disputa.

<sup>8</sup> Embora a perspectiva piagetiana enfatize o papel do indivíduo em interação com o meio e a construção do conhecimento – fato que o afasta do paradigma empirista *stricto sensu* – Piaget rejeita o que denomina de pré-formação e é nesse sentido que a sua proposta pode ser situada como empirista quando contrastada com o inatismo.

Segundo 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*” (Piaget & Inhelder, 1966:71). No que diz respeito especificamente à construção do número, assume-se que ela também é correlativa ao desenvolvimento da lógica. Piaget concebeu dois tipos ou pólos 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).

Nessa visão, o conceito de número é uma operação mental e consiste de relações que não podem ser diretamente observáveis. O número é uma relação criada mentalmente por cada indivíduo (Kamii, 1995). A construção da noção de número se consolida apoiada nas estruturas de classes e de relações. Segundo os resultados experimentais obtidos por Piaget et al. (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 os dois aspectos fundamentais do conceito de número. Assim, a contagem em 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 7-10 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*). Segundo os resultados obtidos, 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 baseiam em um dos seguintes paradigmas experimentais: habituação/novidade e transformação, também chamado 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 (1992a) com crianças de 5 meses de idade é um exemplo bem conhecido deste paradigma. Um boneco era apresentado para a criança e em seguida ficava oculto por uma tela. Uma mão bem visível carregando um segundo boneco aparecia na cena, passava por trás da tela e voltava a aparecer vazia. Diante desse evento  $1+1$  a compreensão da criança era testada comparando a situação esperada (dois bonecos) com uma situação inesperada (um único boneco). Os resultados mostraram que as crianças olham significativamente por mais tempo a tela do boneco solitário, sugerindo que elas realmente esperavam que  $1+1=2$ . Outro grupo de crianças foi submetido à condição de subtração na qual dois bonecos apareciam e uma mão aparentemente tirava 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; dentre outros) e as transformações estendidas para  $2+1$  e  $3-1$ .

Resultados de trabalhos pioneiros como os de Strauss & Curtis (1981) com crianças de 10-12 meses e de Treiber & 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 et al. (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 (cf. 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. Resultados como os de Cohen & Marks (2002) e Wakeley et al. (2000) parecem questionar os dados de Wynn (1992a); assim como os resultados de Treiber & Wilcox (1984) com bebês de 4 meses são conflitantes com os de Strauss & Curtiss (1981).

Estudos recentes que introduzem modificações nos testes visando superar as limitações anteriores, têm trazido, não obstante, evidências compatíveis com a idéia de que crianças pequenas efetivamente representam numerosidade e raciocinam sobre as propriedades numéricas de conjuntos. O trabalho de Xu & 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 como 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 & Brannon (2008), Xu, Spelke & Goddar (2005) e McKrick & Wynn (2004) também apontam na mesma direção. Tomados em conjunto, esses achados experimentais tem 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 discriminadas<sup>9</sup>. As crianças parecem distinguir 8 de 16 e 16

---

<sup>9</sup> A lei de Weber define uma relação quantitativa entre a magnitude de um estímulo físico e o

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.

Lipton & Spelke (2003) reportam dados que vão na mesma direção. Nesse estudo foi investigada a sensibilidade de crianças frente a numerosidades grandes aproximadas apresentadas sob a forma de seqüências auditivas empregando a técnica da escuta preferencial. A duração dos elementos e das seqüências, intervalos entre os elementos e intensidade do som foram controladas nos estímulos. Os resultados indicaram que crianças de 6 meses discriminaram 16 frente a 8 sons, mas falharam ao distinguir 12 de 8, fornecendo evidência de que a mesma razão observada nos estímulos visuo-espaciais, também afeta a percepção da numerosidade nas seqüências 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 idéia 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 et al., 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 et al. (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

---

modo como ele é percebido. Essa lei estabelece que a menor mudança discernível na magnitude de um estímulo é proporcional à magnitude do estímulo.

sendo interpretadas como indicadoras de competência numérica.

Esses achados, assim como os resultados relatados por Clearfield & 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 et al. e 2 vs 3 nos experimentos de Clearfield & Mix). Xu 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.

Um resultado positivo relacionado à representação de numerosidades pequenas vem do trabalho de Kobayashi et al. (2005). Nesse estudo foi verificado que crianças de 6 meses são capazes de associar as numerosidades dos conjuntos apresentados sob diferentes modalidades (visual e auditiva). As crianças testadas demonstraram possuir representações de numerosidade para além das modalidades sensoriais específicas e ser capazes de lidar com pareamento intermodal envolvendo numerosidades pequenas (2 vs 3).

Leslie & 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 para lidar com numerosidades pequenas, os sujeitos tinham 6 meses de idade (Feigenson et al., 2002; Clearfield & Mix, 1999), nesta pesquisa os participantes tinham 11 meses. Como já foi levantado, 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 idéia, anteriormente 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 vinculada à manipulação de símbolos numéricos.

### 2.2.2

#### **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 (Dehaene, 1997). 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-lingüísticas<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Vários tipos de tarefas são utilizados. Uma das mais comuns é a chamada *cracker-choice*

(Feigenson & Carey, 2005; Feigenson, Hauser & Carey, 2002; dentre outros) 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*), 'hoí' (*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 estimacão 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

---

na qual são apresentados diferentes conjuntos de biscoitos e em seguida, estes são colocados em duas caixas separadas. A criança então escolhe a caixa preferida, sendo que a previsão é de que a escolha seja a da caixa com maior número de biscoitos, sempre que os conjuntos tenham sido corretamente discriminados. Outra tarefa é a *box-search task*, na qual um certo número de objetos é colocado numa caixa diante da vista da criança. Logo após, alguns dos objetos são retirados da caixa sem que a criança perceba. A medida tomada como variável dependente nesta tarefa é o tempo durante o qual a criança fica procurando os objetos na caixa.

relativos à quantificação<sup>11</sup>.

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 idéia de que existe uma distinção entre um sistema universal de aproximação numérica e um sistema de contagem baseado na linguagem para números exatos e aritmética.

Outras evidências compatíveis com a idéia de que haveria uma relação entre a língua e a codificação precisa de quantidades provêm de testes conduzidos com falantes bilíngües (Spelke & Tsivkin, 2001b). Resultados de experiências feitas com bilíngües 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.

Segundo Spelke (2000, 2003, dentre outros), 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 de um modo geral derivariam precisamente dessas relações. Spelke & 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

---

<sup>11</sup> 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.

forma precisa conjuntos de elementos, etc.

Apesar do seu interesse intrínseco, Spelke não aprofunda muito mais a investigação dessa tese. Também não é mencionado que haja um modelo específico de língua por trás dessa proposta. Essa falta de uma teoria de língua é uma constante nas pesquisas conduzidas no âmbito da Psicologia Cognitiva que levam em consideração algum tipo de fenômeno lingüístico. De fato, no caso específico de Spelke, a autora apenas se limita a arrolar essa possibilidade, mas sem fazer dela um objeto de pesquisa. Na seguinte seção buscamos articular essas idéias com o modelo formal de língua assumido nesta tese.

### 2.3

#### **Articulação dos pressupostos teóricos assumidos**

Até aqui introduzimos o modelo de língua adotado tanto numa perspectiva formal quanto da aquisição da linguagem. Foi apresentado ainda o modelo da cognição inicial considerado e foram explicitados os termos sob os quais a relação entre língua e outros domínios tem sido colocada. Tendo esse quadro teórico completo como pano de fundo algumas considerações específicas podem ser tecidas.

Aderindo a um raciocínio *à la* Vygotsky, podemos considerar que, por um lado a conformação de sistemas lingüísticos depende da existência de sistemas nucleares tais como descritos por Spelke e, por outro, a posse de uma língua possibilitaria a interação entre esses mesmos sistemas. Distinções semântico-conceituais – diretamente vinculadas ao modo como os diferentes *core systems* processam as informações do meio ambiente – podem vir a ser codificadas na língua sob a forma de traços semânticos ou formais/gramaticais. Assim, diversos tipos de classificações/categorizações passíveis de serem representadas pelos sistemas nucleares podem potencialmente ter um correlato lingüístico nas diferentes línguas. Distinções do tipo [+/- animado] ou massivo/contável constituem um bom exemplo das propriedades que podem ser lingüisticamente representadas e que, de fato, parecem ser percebidas pelas crianças cedo no processo de aquisição da língua (Barner & Snedeker, 2004 e 2006; Ferrari-Neto, 2008; Marcilese, 2007; Sugisaki, 2007; dentre outros).

Consideramos que o *framework* definido pelo PM possibilita que as relações entre o sistema da língua e outros domínios cognitivos sejam colocadas em termos mais precisos. Em particular, o quadro minimalista permite repensar a relação entre *sintático* e *conceitual*, na medida em que potencialmente qualquer propriedade estabelecida conceitualmente pode vir a ser codificada sintaticamente como traço formal numa dada língua humana, passando, então, a ser tratada computacionalmente como um símbolo (em uma máquina de Turing), i.e. sem que se leve em conta sua natureza conceitual.

Assumindo então que a língua tem efetivamente um papel no desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores e, particularmente, no desempenho de tarefas dependentes de cognição numérica cabe perguntar: qual ou quais as propriedades das línguas naturais seriam relevantes?

Em consonância com a proposta de Spelke, um direcionamento para o estudo do papel da língua no desenvolvimento de habilidades superiores consiste em assumir que a língua – caracterizada como um sistema de representação – possibilitaria a construção de representações mais complexas, permitindo a combinação de informações advindas de vários domínios da cognição. Em outras palavras, a possibilidade de codificar informação de origem variada – espacial, temporal, numérica, relativa a objetos e ações, etc. – sob um mesmo código poderia representar um ganho cognitivo para nossa espécie.

A língua, vista nesses termos, pode ser concebida como uma espécie de sistema central de “interface”. Inicialmente, sistemas nucleares são caracterizados como sendo modulares, não havendo, portanto, interação direta entre eles. Sendo assim, a única forma de compartilhar informações provenientes dos diferentes sistemas seria via passagem por uma representação lingüística da natureza de um traço formal que é tratado como um símbolo – no sentido de elementos desprovidos de significado – na computação lingüística. Entretanto, não é possível descartar totalmente a possibilidade de que haja algum tipo de comunicação entre os sistemas nucleares sem que a passagem pela língua seja obrigatória. Nesse caso, a língua apenas otimizaria o processamento de certas informações complexas, agilizando e/ou facilitando a integração de diversas representações numa única estrutura. Isto poderia

trazer alguma vantagem na medida em que possibilitaria a construção de um conhecimento mais sofisticado. Em termos de armazenamento na memória, a posse de uma língua pode ser considerada uma vantagem na medida em que possibilita que um variado número de informações complexas seja estocado e facilmente recuperado.

Tomando a primeira opção como verdadeira – a conexão entre os sistemas nucleares somente pode ser estabelecida através da língua – pessoas desprovidas de língua não seriam capazes de integrar informações advindas dos diferentes sistemas. Essa hipótese é, contudo, bastante problemática já que as populações com as quais poderia ser potencialmente testada ficam restritas a: bebês – em cujo caso haveria questões cognitivas mais amplas a serem consideradas –, surdos sem exposição a línguas de sinais nem oralização ou pessoas que por algum motivo foram privadas de todo contato com uma língua até depois do período crítico, ambos os grupos consideravelmente raros ou de difícil acesso.

Já se a segunda opção fosse correta, mesmo sem uma língua, qualquer pessoa seria capaz de integrar conhecimentos de domínios diversos. Cabe esperar-se apenas uma diferença em termos qualitativos no desempenho de indivíduos com e sem língua, por exemplo, na velocidade de processamento de certas informações complexas, ou mesmo na quantidade de informação que possa ser integrada numa única vez (já que a posse de língua pode significar um ganho em termos de memória e armazenamento). No que diz respeito especificamente à cognição numérica, o próprio fato de a língua fornecer um inventário de nomes para designar os números poderia envolver algum tipo de vantagem ao permitir individualizar e manipular elementos. A língua contém também um repertório de vocábulos relativos a relações entre quantidades como *maior/menor*, *menos/mais*, *igual*, etc. Novamente, o teste experimental dessa tese não é trivial já que assim como no caso anterior requer a avaliação de populações especiais. O caso específico dos afásicos – que sob certas condições poderiam ser considerados como uma população “sem língua” – é particularmente problemático dado que é impossível avaliar o quanto o fato de ter adquirido uma língua natural – mesmo a tendo seriamente comprometida – pode ter afetado de forma permanente a configuração da cognição desses sujeitos. Isso sem contar o fato de que, nesses casos, o dano provocado por uma lesão cerebral pode

eventualmente atingir outras habilidades além do domínio da língua propriamente dito como por exemplo, a capacidade de resolver problemas ou ainda afetar o funcionamento da memória de trabalho.

Com base na argumentação acima delineada, uma discussão maior sobre o caráter específico do papel da língua em termos representacionais – o fato de ser ele absoluto ou relativo – assim como a defesa explícita de uma das duas possibilidades levantadas, serão deixadas de lado no âmbito desta pesquisa. Assumimos então a idéia de que as propriedades representacionais da língua podem ter um papel no desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores. Especificamente, no que diz respeito à cognição numérica, salientamos o fato de a língua fornecer termos para numerosidades exatas de qualquer tamanho o que permite a combinação de representações dos dois sistemas de representação de número (aproximado e exato para pequenas quantidades). Questões vinculadas a esse ponto são abordadas experimentalmente no capítulo 5.

### **2.3.1**

#### **Recursividade, computação e habilidades cognitivas superiores**

Além do seu poder representacional, as línguas humanas se caracterizam por serem sistemas hierarquicamente organizados. A analogia entre a hierarquia presente nas línguas – definida crucialmente como estrutural – e a hierarquia que existe no sistema numérico, tem sido trazida à tona numerosas vezes na literatura de cunho gerativista (cf. capítulo 4 deste trabalho). Especificamente, tem sido estabelecido um paralelismo entre os números naturais (definidos com base na função de sucessor) e a infinitude discreta associada às línguas humanas. Assim como uma seqüência numérica pode ser continuada infinitamente, novas sentenças podem ser criadas adicionando material lingüístico a uma estrutura prévia<sup>12</sup>.

A recursividade, definida além dos termos da infinitude discreta, pode também ser apontada como uma propriedade envolvida na eventual relação entre

---

<sup>12</sup> Em que medida essa aparente isomorfia poderia ter alguma relevância na caracterização da relação entre língua e cognição numérica é uma questão que ainda precisa ser investigada, mas que não será diretamente abordada no âmbito desta tese.

língua e habilidades numéricas. Especula-se ainda que outros domínios da cognição humana possam apresentar essa propriedade o que não significa necessariamente que ela tenha migrado da língua para esses outros sistemas. Tem sido salientado ademais que o reconhecimento do fato de que a seqüência verbal numérica se organiza de maneira recursiva parece ser uma informação relevante para a criança em fase de desenvolvimento das suas habilidades numéricas (Ottoni, 1993). Cabe se perguntar então, em que medida essa propriedade – tal e como definida quando referida à língua – tem uma relação evidente e/ou necessária no desenvolvimento do conceito de número e de outras habilidades dele decorrentes?

A capacidade algorítmica, necessária para realizar cálculos aritméticos assim como também na condução de outros tipos de raciocínios mais sofisticados, vincula-se à recursividade. Esse ponto praticamente não é mencionado nas pesquisas específicas sobre cognição numérica. Há alguma relação direta entre recursividade lingüística e o modo como a nossa cognição numérica opera ou trata-se de um isomorfismo derivado do fato de as matemáticas serem traduzidas numa linguagem formal que refletiria em certo ponto propriedades das línguas naturais? Em que medida a infinitude discreta nas línguas humanas – reiteradamente vinculada ao desenvolvimento do conceito de número pela literatura lingüística – é uma propriedade lingüística “transplantada” a outro domínio cognitivo, no caso, a cognição numérica?

Resultados experimentais com animais sugerem que não seria a recursividade em si, mas a melhora na memória do tipo “pilha” (*stack-type memory*) necessária para lidar com a chamada *nested recursion*, o que seria realmente crucial na evolução da linguagem humana. Trabalhos recentes com primatas não humanos (Read, 2006) têm sugerido que diferenças na memória de trabalho podem explicar o fato de não terem sido registradas até então evidências definitivas de recursividade – tal e como caracterizada quando associada ao domínio lingüístico (cf. Capítulo 4) – em outras espécies.

A capacidade da memória de trabalho poderia ser o limite cognitivo que define a presença ou a ausência de pensamento recursivo. Embora as evidências não sejam ainda conclusivas, seguindo essa linha de raciocínio pode-se especular que

mudanças na capacidade de memória dos humanos teriam possibilitado o desenvolvimento do pensamento proposicional<sup>13</sup> recursivo. Tal pensamento não estaria, necessariamente, vinculado à linguagem, embora a língua possa refletir na sua estrutura algumas propriedades do mesmo.

No caso da língua, a *nested recursion* acarreta o encaixamento no centro da sentença (Ex. *O gato que o cachorro mordeu fugiu*). Nesse tipo de estrutura, o material que fica em ambos os lados do constituinte encaixado gera dependências de longa-distância. Uma estrutura equivalente – embora tal equivalência pareça se sustentar apenas numa comparação superficial, mas não fica clara quando as relações entre os elementos envolvidos são consideradas – pode ser encontrada na construção dos números naturais no que concerne ao aninhamento de unidades, dezenas e centenas no interior de unidades de ordem superior primárias (milhares, milhões, bilhões...) e também na resolução de operações intermediárias, em função de suas propriedades, em equações matemáticas. No presente trabalho a questão de uma possível equivalência entre estruturas de domínios distintos (i.e. sentenças com encaixamento no centro e expressões numéricas) é abordada experimentalmente no capítulo 6.

Finalmente, outra perspectiva de abordagem da questão do papel da língua no desenvolvimento de habilidades superiores pode ser derivada da combinação das propriedades antes mencionadas: poder de representação, hierarquia (formalmente definida na língua nos termos de relações de c-comando<sup>14</sup> e recursividade). Nesse

<sup>13</sup> McGrath (2007) salienta que o termo “proposição” tem sido amplamente utilizado na filosofia contemporânea – assim como também na Semântica, na Pragmática, nas linguagens formais e na literatura psicolinguística. Esse termo não tem recebido, contudo, uma definição precisa podendo fazer referência a: portadores primários de valor de verdade, objetos de crenças e outras “atitudes proposicionais” (por exemplo, aquilo que é sabido, acreditado, colocado em dúvida, etc.), os referentes de cláusulas-*that* e o significado de sentenças.

<sup>14</sup> A noção de c-comando vincula-se com o fato de que as relações hierárquicas entre os constituintes determinam seu comportamento sintático. Por exemplo, o escopo da negação está sob c-comando, o antecedente de uma anáfora deve c-comandar a anáfora, etc. Em outras palavras o c-comando é uma relação hierárquica entre constituintes com características específicas: (i) seu âmbito de aplicação é complementar ao da relação de *domínio* (se  $\alpha$  c-comanda  $\beta$ , então  $\alpha$  não domina  $\beta$  e vice-versa); (ii) um núcleo na árvore só c-comanda o seu irmão e os núcleos dominados por ele. Assim, temos que um núcleo  $\alpha$  c-comanda um núcleo  $\beta$  na estrutura se e somente se: (i) nem  $\alpha$  domina  $\beta$ , nem  $\beta$  domina  $\alpha$ ; e (ii) o primeiro núcleo ramificado que domina  $\alpha$  também domina  $\beta$  (Reinhart, 1981).

contexto, estruturas lingüísticas recursivas – derivadas em virtude da aplicação das operações sintáticas, assim como de propriedades de natureza representacional (traços semânticos e formais do léxico que se relacionam com sistemas conceptuais e intencionais) – podem vir a ser relevantes para que habilidades cognitivas específicas da espécie humana se desenvolvam.

De um modo geral, a língua se oferece como um sistema de representação que potencialmente permitiria a codificação de qualquer distinção semântico-conceitual estabelecida com base no processamento, em outros domínios cognitivos, de informações variadas. No modelo teórico assumido, tal codificação seria realizada por meio de traços formais no léxico e é nesse aspecto que a língua constituiria uma poderosa ferramenta representacional. Por outro lado, além do seu caráter mais abstrato – diretamente relacionado ao modo como a computação sintática ocorre – a recursividade parece ser uma propriedade particularmente relevante no que diz respeito à representação e integração de domínios. Em outras palavras, estruturas canonicamente definidas como recursivas parecem ser o único meio de veicular certos tipos de informações complexas (Hollebrandse & Roeper, submetido) ou, pelo menos, se mostram como o meio mais eficiente nesse sentido. Questões específicas derivadas desse ponto recebem um tratamento experimental no capítulo 6.

Até aqui foi apresentado o modelo formal de língua assumido nesta pesquisa e articulados seus principais pressupostos à hipótese lançada por Spelke de modo a explicitar quais as propriedades das línguas humanas que poderiam ser cruciais no desenvolvimento de habilidades superiores. Foram introduzidos os encaminhamentos traçados para abordar a questão da relação entre língua e desenvolvimento da cognição numérica, associados crucialmente à representacionalidade e recursividade na língua. Questões relevantes à pesquisa, vinculadas a esses dois aspectos constituem o foco dos próximos dois capítulos.