

PIAGET VISITADO PELA DIDÁTICA¹

Gérard Vergnaud

Resumo: Neste artigo, são examinados, de maneira crítica e, ao mesmo tempo, positiva, vários pontos essenciais da contribuição de Piaget: o conceito de esquema (que concerne à organização da atividade e que não devemos confundir com o conceito de representação diagramática), o reducionismo lógico subjacente à caracterização formal dos períodos e, finalmente, as relações entre ação, percepção, linguagem e simbolismo. A obra de Piaget é exemplar. Na verdade, para além das críticas, é nessa obra que a pesquisa em didática, hoje e significativamente, se apoia.

Conhecer não consiste em copiar o real, mas em agir sobre ele e em transformá-lo.

Piaget, J. (Biologia e Conhecimento, p. 23)

Essa pequena frase anuncia um princípio fundamental da teoria piagetiana do conhecimento como atividade do sujeito. Aliás, Piaget completa assim essa proposição: "*de maneira a compreendê-lo, (o real) em função dos sistemas de transformação aos quais essas ações estão ligadas*".

Ora, Piaget não aplicou verdadeiramente essa máxima à sua própria contribuição científica de psicólogo. Apesar de suas funções no Bureau Internacional da Educação,² ele não procurou agir sobre os conhecimentos das crianças e transformá-los. Seu interesse estava alhures, no esclarecimento dos laços entre a evolução biológica e o desenvolvimento dos conhecimentos, o que sua obra *Biologia e Conhecimento* atesta claramente.

¹ Traduzido por Camila Rassi, com revisão de Luca Rischbieter, Maria Lucia Faria Moro e Maria Tereza Carneiro Soares, do original em francês: VERGNAUD, G. (2022). Piaget visité par la didactique. *Intellectica*, 33 (107-123).

² O Bureau International de l'Éducation, organismo que, posteriormente, passou a ser a UNESCO.

O autor do presente artigo é psicólogo e estudioso da didática. Suas contribuições científicas tratam, principalmente, da aprendizagem da matemática e do desenvolvimento das competências ao longo da vida. Não ficaremos, então, surpresos, com o fato de que as teses e os conceitos de Piaget sejam reexaminados, reinterpretados, contraditos e completados por considerações ligadas a este campo científico negligenciado por Piaget. Serão sucessivamente examinados o conceito de esquema, o reducionismo lógico, as relações entre ação, percepção, linguagem e simbolismo.

1 - INTRODUÇÃO

Piaget fez várias descobertas, como as que se referem à conservação das quantidades discretas e contínuas, que não requeriam uma tecnologia particular, e que Platão ou Aristóteles poderiam “teoricamente” ter feito. Na verdade, isso lhes era impossível porque seria necessária toda a história da filosofia e das ciências para que fossem levantados os problemas que a psicologia do século XX começou a responder. A obra de Piaget é, evidentemente, uma viga mestra dessa psicologia do século XX, juntamente com a de Freud e a de Vigotski.

Aconteceu com Piaget uma aventura pouco comum: um reconhecimento internacional rápido, um imenso fluxo de comentaristas, de imitadores e de oponentes, em proporções desiguais para compreender os resultados e as interpretações do mestre, certo esquecimento e até mesmo certa condescendência em relação a sua obra durante todo um período de tempo, e a retomada por ocasião da celebração do centenário; sem contar as correntes de pesquisa que demonstraram não haver entendido a mensagem de Piaget, devido a hipóteses behavioristas e positivistas, a princípios metodológicos demasiadamente estreitos do ponto de vista experimental, ou ainda, a visões excessivamente reducionistas. Como qualquer ciência, a psicologia é reducionista, porém, nem todas as reduções são válidas. Existem as que reduzem seus propósitos de tal forma que deixam de lado objetivos essenciais da psicologia, notadamente os processos de representação consciente e inconsciente, e as competências complexas expressas nas atividades quotidianas, no trabalho e na educação. O próprio Piaget não escapou de reducionismos discutíveis, como a tentativa de redução à lógica e aos períodos gerais do desenvolvimento das operações do pensamento, as matemáticas, as físicas ou morais. Contudo, ao mesmo tempo enfrentando os problemas da representação e do conhecimento, ele foi, durante o século XX, o autor mais significativo da psicologia cognitiva antibehaviorista: ele, mais do que qualquer outro psicólogo, foi quem soube desvendar os conhecimentos subjacentes à atividade da criança em situação, e os falsos conhecimentos que, inevitavelmente, esta atividade ocasiona. Trata-se de um alicerce constitutivo da psicologia.

2 - COM QUAIS CONCEITOS PENSAR A ATIVIDADE? O QUE É UM ESQUEMA?

Piaget descobriu, provavelmente sob a influência de Janet e de Revault d'Allones, o conceito de esquema nos anos vinte e lhe deu um conteúdo empírico que marcou um momento importante, graças às suas análises da atividade do bebê. Quer se trate da coordenação dos movimentos das mãos e dos braços com os do olhar para pegar e manejar objetos materiais, quer se trate do uso de alguns desses objetos como instrumentos, quer se trate da compreensão progressiva da invariância dos objetos em seus deslocamentos e em seus desaparecimentos atrás da tela, Piaget situa imediatamente suas análises no plano da ação sobre e com os objetos materiais do real, e no plano da representação. Estranhamente, ele emprega uma terminologia (“atividade sensório-motora, período sensório-motor”) que permaneceu prisioneira de uma caracterização superficial dos fenômenos observados, e que não faz justiça às suas próprias análises. Uma expressão como “atividade perceptivo-gestual” teria sido mais justa, pois se trata de sensações e de atos motores organizados em percepções e em gestos, e não somente de sensório-motricidade elementar.

Evidentemente, este “erro terminológico” não é trágico; ele traduz, entretanto, a dificuldade encontrada pelos pesquisadores, inclusive os maiores, em encontrar as palavras mais precisas, suscetíveis para designar suas ideias.

Rapidamente, Piaget generaliza o conceito de esquema aos raciocínios lógicos e matemáticos. Um exemplo é o esquema da inclusão lógica, que consiste em reconhecer que o cardinal do todo é sempre maior que o da parte, na condição, evidentemente, de que não se confunda o todo com o complemento da parte, o que justamente representa um problema para as crianças até uma idade relativamente tardia, entre 8 e 12 anos. Na literatura e com menos frequência, são mencionados os esquemas descritos por Piaget para a construção da representação do espaço, que fornecem, entretanto, casos exemplares de análise da atividade e dos conhecimentos implícitos: por exemplo, os gestos de verificação de alinhamento de vários objetos são interpretados por Piaget como um testemunho e um critério da conceitualização das propriedades afins do espaço. Ora, esses gestos intervieram durante muito tempo antes de qualquer ensinamento da geometria, o que o autorizou a falar da geometria “espontânea” da criança. Evidentemente, Piaget sabia bem que existe uma distância cognitiva e epistemológica importante entre os conhecimentos implícitos na ação e os conhecimentos explícitos do matemático ou do aluno que está aprendendo matemática; porém, o seu mérito é o de justamente ter identificado, pela análise, formas de conceitualização que não se apresentam como tais para um observador qualquer.

Entretanto, podemos fazer vários tipos de comentários no que diz respeito à análise dos esquemas piagetianos.

Primeiro comentário: Revault D'Allonnes havia desenvolvido o conceito de esquema, muitos anos antes de Piaget, inscrevendo-o principalmente em uma teoria do reconhecimento e da percepção, falando até mesmo da apercepção, ou seja, de um processo rápido de coleta de informação, e inevitavelmente reducionista. Sua ideia, já muito interessante, é que nós organizamos a informação percebida em cenas esquemáticas e em silhuetas, do que são testemunho, não apenas os fenômenos psicológicos, mas, também, muitos produtos culturais como os adágios, os ditos populares e as insígnias. Revault d'Allonnes falou pouco sobre ação e atividade.

É por ter estudado a atividade perceptivo-gestual dos bebês que Piaget foi levado a situar o conceito de esquema em uma teoria da ação mais que da percepção. Deveríamos aplaudi-lo por ter feito essa ruptura, pois ela o conduziu a considerar, não as totalidades principalmente perceptivas, como faziam os gestaltistas, mas as totalidades dinâmicas funcionais, organizando o decorrer temporal da atividade. Essa ruptura não foi feita por Revault d'Allonnes, nem por Bartlett, o pai anglo-saxão dos “esquemas” (no sentido de representação diagramática) que certos psicólogos continuam a confundir com “esquemas”. A obra de Bartlett é notável, mas ela deixa completamente de lado a atividade gestual. Ora, é nos gestos que encontramos os melhores exemplos da atividade, os mais essenciais para a análise do pensamento não verbal e, ao mesmo tempo, os modelos mais sugestivos para a análise do pensamento e do raciocínio. O gesto é pensamento; o gesto é um modelo sugestivo para a análise da atividade do pensamento. Podemos até mesmo acrescentar: o pensamento é um gesto.

Segundo comentário: De pronto, Piaget indica o valor de generalização do esquema, do qual ele faz um tipo de equivalente do conceito no plano da ação.

“As ações não se sucedem por acaso, mas se repetem e se aplicam de forma similar em situações comparáveis. Mais precisamente, elas se reproduzem da mesma forma se aos mesmos interesses corresponderem situações análogas, mas se diferenciam ou se combinam de uma nova forma se as necessidades ou as situações mudarem. Nós chamaremos de esquema de ação, o que, em uma ação, é então transponível, generalizável ou diferenciável de uma situação com a seguinte; dito de outro modo, o que há de comum entre as diversas repetições ou aplicações da mesma ação.” (Piaget, 1967).

Contudo, ele não fornece precisões sobre o conceito de classe de situação, ao que, justamente, refere-se o esquema em sua generalidade. Assim, é surpreendente ver o autor de um conceito tão essencial como o do esquema, deixar de lado o conceito dual que lhe dá importância e significação. O par conceitual “esquema-situação” é o pilar central da psicologia cognitiva e da teoria da atividade: é por essa simples razão que, sendo o conhecimento adaptação, são os esquemas que se adaptam, e eles se adaptam a situações.

Piaget elaborou bastante esse conceito, o de adaptação, inspirado na biologia. Entretanto, com maior frequência, fez formulações sobre sua dialética em termos gerais, tais como a interação “sujeito-objeto”, ou a interação “organismo-meio”, apesar de dispor de meios teóricos e de exemplos para conduzir análises mais refinadas, aproximando as propriedades de um esquema e as propriedades da classe de situações à qual ele se refere. É a pesquisa em didática (para uma apresentação sistemática, ver Brousseau), que permitiu ao conceito de situação sair dos calabouços do senso comum, fazendo dele um conceito científico e prático, com o qual fosse possível agir: em especial, produzir efeitos de aprendizagem e de tomada de consciência, manipulando certas variáveis de situação. Este é um ponto essencial para a educação e o trabalho, e que Piaget não soube explorar. É provavelmente minha experiência de pesquisador em didática da matemática que me permitiu dar ao esquema uma definição mais precisa que a de Piaget.

Definição 1: O esquema é uma organização invariante da atividade para uma classe definida de situações.

O conceito de algoritmo me ajudou a circunscrever essa definição, justamente porque os algoritmos são esquemas, embora nem todos os esquemas sejam algoritmos, evidentemente. O parentesco dos esquemas com os algoritmos se tornou particularmente visível pela análise dos erros: de fato, frequentemente os alunos usam como bem entendem as regras dos algoritmos que lhes são ensinadas, e as substituem por regras próprias, inspiradas em concepções restritivas que eles têm do que é um número, uma variável, uma função, uma escrita equivalente, etc. Por exemplo, a concepção primitiva que eles têm de que o número é uma medida, impede-os de tratar os números negativos com as mesmas regras dos números positivos: pois de fato, as medidas são sempre positivas.

Evoquemos rapidamente três exemplos de esquemas na área da matemática:

- 1- O esquema da contagem consiste em associar a uma coleção de elementos discretos, uma sequência de palavras-número (um, dois, três, quatro) e em identificar o cardinal da coleção pela última palavra-número pronunciada: mais frequentemente, repetindo essa palavra-número ou a enfatizando tonicamente (um, dois, três, ... quatro). Esse esquema, que as crianças desenvolvem a partir dos três ou quatro anos, não é um esquema puramente verbal ou numérico. Ele supõe uma correspondência biunívoca entre quatro categorias de elementos distintos: os objetos contados, os gestos da mão e do braço, os gestos do olhar, os gestos da voz. A cardinalização é uma competência distinta da competência de coordenar biunivocamente vários registros de gestos. Certas crianças expressam uma dessas duas competências e não a outra. O esquema da contagem não é um algoritmo.
- 2- O algoritmo da divisão consiste, graças ao apoio essencial da numeração de posição, em selecionar uma parte do dividendo e em dividi-la pelo divisor (eventualmente por uma

parte do divisor para iniciar o processo), depois, em progredir a partir das unidades de ordem superior em direção às unidades de ordem inferior, inclusive as decimais. Os alunos encontram muita dificuldade na aprendizagem e na condução dessa atividade, e frequentemente, substituem o algoritmo ensinado pelo mestre por esquemas idiossincráticos. O algoritmo da divisão é um esquema, mas ocorre com frequência que ele se degrade em esquemas não algorítmicos (Brun et al., 1994).

- 3- A solução de um sistema de equações algébricas se baseia em um sistema de significantes/significados lentamente elaborado durante o curso da história (e de uma natureza completamente diversa da do sistema de significantes/significados da numeração o qual acabamos de evocar). A solução é oriunda de algoritmos sabiamente elaborados pela matemática no transcorrer da história. Os alunos dos últimos anos do ensino fundamental se distanciam frequentemente desses algoritmos e os substituem por esquemas pessoais, eventualmente eficazes, eventualmente errôneos.

Nesses três casos que acabamos de evocar, a atividade consiste em uma sucessão de coletas de informação e de ações; estas coletas de informação são sempre parciais, e as ações são locais, assim como os controles que entremeiam o desenrolar da atividade.

Nos três casos, existem objetivos e subobjetivos. Nos três casos, a organização da atividade se baseia em conceitualizações pouco explicitadas pelos alunos, assim como em inferências em situação (antecipações, coordenações diacrônicas e sincrônicas...).

A definição do esquema como organização invariante, me conduz a especificar que é a organização que é invariante, não a atividade, nem a conduta: o esquema não é um estereótipo, nem o algoritmo. Um esquema traz à tona uma diversidade de condutas e de atividades conforme as características particulares das situações encontradas. Essa função de adaptação às situações conduz a identificar nos esquemas regras SE... ENTÃO... que ligam as ações às condições e circunstâncias.

O caráter geral do esquema, bem observado por Piaget, requer então uma análise em termos de regras condicionais, negligenciada por Piaget. Nós retomaremos mais adiante esse tema das regras condicionais.

Terceiro comentário: Piaget teve o mérito de marcar o caráter fundamentalmente cognitivo do esquema e, estranhamente, ele não fez a ligação completa com este outro conceito piagetiano, o de invariante operatório. Em seus escritos, o conceito de invariante fica um pouco prisioneiro do contexto das situações de conservação por meio das quais Piaget o ilustrou magistralmente, enquanto o de esquema está mais ligado ao transcorrer temporal da atividade.

No início deste artigo, fiz alusão às experiências piagetianas relativas à conservação das quantidades discretas e contínuas, ao evocar a possibilidade, completamente teórica, é claro, de que Platão e Aristóteles as pudessem ter feito. O que Piaget nos mostra, vinte e cinco

séculos mais tarde, é que a evidência não é um dado da experiência perceptiva, mas ela resulta de uma construção, e supõe a coordenação entre si de várias operações de pensamento e de vários tipos de informações.

A equivalência numérica entre a sequência de suportes para ovo cozido e a sequência de ovos, ou ainda, a conservação da quantidade de substância (caso da massinha de modelar, de sua massa e de seu volume quando a deformamos, não resultam de uma leitura pura e simples da experiência, mas são apresentadas pela criança, a partir de certos momentos do desenvolvimento e da experiência, como meios de compreender, de maneira coerente, um sistema de relações e de transformações que se rendem a critérios perceptivos contraditórios:(espaçamento, ultrapassagem, deformação, fragmentação...).

A definição dos invariantes pelos matemáticos, no final do século XIX, (Klein, por exemplo) corresponde bem a esta ideia, retomada por Piaget: “o que se conserva em certas transformações”. Entretanto, é necessário ir além e considerar que ao âmago mais geral do pensamento é que se refere esta ideia do que “é o mesmo no diferente”. Isso diz respeito também às variações entre objetos de uma mesma classe, entre as situações de uma mesma classe, entre os diferentes valores de um mesmo descritor, entre os diferentes exemplos que ilustram uma mesma relação entre dois ou vários termos, entre as diferentes relações que compartilham propriedades comuns, como é o caso, por exemplo, das relações de ordem, das relações de equivalência, das leis de composição, etc.

Os conceitos de objeto, de predicado e de proposição são oriundos dessa mesma ideia de invariante:

- tal objeto material se conserva o mesmo, ainda que sua aparência perceptiva tenha mudado (sob o efeito de uma rotação, de um distanciamento ou de um desaparecimento parcial), ou que tenha desaparecido e não seja mais diretamente acessível à percepção.
- tal propriedade ou tal relação é pertinente para selecionar a informação útil para a atividade, em uma variedade de situações.
- tal proposição é verdadeira, ou considerada como verdadeira na ação, para certa classe de situações.

Devemos mesmo ir mais longe e considerar que o reconhecimento de predicados e de proposições invariantes permite construir novos objetos, não diretamente acessíveis à percepção. Esses objetos resultam de uma construção imaginária, cujo testemunho, na criança, está em primeiro lugar, na evocação de objetos reais na ausência dos mesmos e, em segundo lugar, está na construção científica e artística de novos objetos de pensamento, por abstração, metáfora ou outro processo criativo, e que não corresponda diretamente a nenhuma percepção.

É importante compreender, como nos ensinam os lógicos, que as proposições são suscetíveis de veracidade ou de falsidade, enquanto os objetos e os predicados (conceitos) não são nem verdadeiros nem falsos, mas somente pertinentes ou não pertinentes para a coleta de

informações necessárias à ação. É necessário notar, ao mesmo tempo, que não há proposição sem conceitos, e não há conceito sem proposições. Conceitos e proposições estão, assim, em uma relação dialética, mas nem por isso devemos confundi-los. Objetos e predicados estão também em uma posição bem relativa: o que é predicado hoje pode se tornar objeto amanhã para a mesma criança, que poderá atribuir novos predicados. Por exemplo, o predicado “simétrico” dá origem ao objeto “simetria”, que designa uma transformação no plano ou no espaço, e que, por sua vez, é suscetível de predicação: “a simetria conserva as distâncias”.

Piaget não captou plenamente o poder do conceito de invariante operatório, e não o relacionou tampouco ao conceito de esquema, como teria sido útil fazer.

É esse duplo problema do caráter condicional da atividade e o da sua ligação com a conceitualização do real que eu, de minha parte, tentei resolver. A definição analítica do esquema que segue abaixo resulta diretamente dessa preocupação.

Definição 2: Um esquema comporta necessariamente quatro componentes:

- um ou mais objetivos, com seus subobjetivos e antecipações,
- regras de ação, de coleta de informação e de controle,
- invariantes operatórios (conceitos-em-ato e teoremas-em-ato) que permitem, ao mesmo tempo, a coleta e o tratamento da informação pertinente,
- possibilidades de inferência.

Esses quatro componentes são absolutamente essenciais. Intencionalidade, generatividade, conceitualização estão obrigatoriamente presentes, sejam elas totalmente implícitas ou até mesmo inconscientes. Quanto às inferências, elas são igualmente necessárias: na verdade, como o esquema não é um estereótipo, ele sempre requer “cálculos inferenciais” em situação. O que o cientista faz o mais explicitamente e o mais completamente possível raciocinando, o pensamento em ato o faz espontaneamente, frequentemente de maneira implícita e lacunar, mas com um certo sucesso.

Nos trabalhos provenientes da tradição Newell e Simon, referentes à regulação da atividade, não encontramos nem o papel da conceitualização, nem o da coleta de informação. É uma lacuna grave que a metáfora informática ainda não superou.

3 - LÓGICA OU CONCEITUALIZAÇÃO: O QUE É UM CAMPO CONCEITUAL?

A tentação de considerar o julgamento e o raciocínio como dependentes da lógica não poupou Piaget. Provavelmente, a tradição filosófica a partir de Aristóteles o conduziu a essa via, assim como o esforço quase sobre-humano dos lógicos desde o século XIX, para reduzir os conhecimentos matemáticos a sistemas axiomáticos completos e econômicos e, talvez, também, a busca de uma teoria geral do pensamento, a respeito da qual, no meio do século XX, não percebíamos que ela não poderia ser dependente apenas da lógica das proposições, tampouco da lógica dos predicados.

Gödel já havia produzido sua famosa demonstração de que a lógica, por si só, não permite decidir a não contradição da aritmética. Porém, não se havia ainda aprendido a lição de que era necessário considerar a lógica como um campo conceitual dentre outros, o que permite, talvez, ter um olhar crítico sobre os enunciados de outros campos conceituais sem, contudo, engendrará-los ou ultrapassá-los. Não podemos nos basear na lógica para compreender os princípios da geometria, da mecânica, da química, da termodinâmica, da biologia ou da história.

É necessário, então, fazer uma pequena revolução epistemológica e colocar no centro dos processos cognitivos, não a lógica, mas a conceitualização: isto significa que é necessário considerar, do modo mais próximo possível, a diversidade das competências e das formas que pode tomar a conceitualização. Pelo menos, é essa a posição que se espera de um pesquisador em didática que se interessa pelos problemas de aprendizagem e de ensino de uma variedade de disciplinas e de subdisciplinas, assim como de uma variedade de profissões e de práticas profissionais. Da mesma forma, é essa, atualmente, a posição dos historiadores e dos epistemólogos das ciências e das técnicas.

Portanto, Piaget se lançou em uma via pouco fecunda quando tentou formalizar em sistemas lógicos, ou vizinhos da lógica, como a estrutura de agrupamento, as operações de pensamento da criança no período das operações ditas “concretas” e no período das operações ditas “formais”. O conceito de agrupamento não permite entender convenientemente a variedade de competências novas das crianças entre 7 e 10 anos, no que diz respeito às conservações, às seriações, ou à representação do espaço então estudadas por Piaget e seus colaboradores. O grupo denominado INRC das quatro operações proposicionais, identidade, negação, reciprocidade e correlação também não caracteriza as operações conceituais que são acessíveis às crianças de 12 anos ou mais. Nem tampouco a combinatória e o raciocínio hipotético-dedutivo, já que podemos observá-los em crianças bem menores.

A lógica aparece hoje com um viés reducionista na obra de Piaget. Um exemplo me permitirá justificar a severidade desta apreciação.

A compreensão da proporcionalidade é um domínio pelo qual Piaget se interessou. Depois dele, ou de maneira independente, numerosos psicólogos engajaram-se no estudo de raciocínios e de vieses de raciocínio relativos à multiplicação, à divisão, à busca de uma quarta proporcional, ou ao equilíbrio da balança. O balanço dessas pesquisas faz com que entendamos hoje, que não se pode fazer economia dos conceitos de função linear, de função bilinear e de suas propriedades de isomorfismo, para caracterizar os diferentes raciocínios e procedimentos utilizados pelas crianças ou pelos adultos; nem podemos deixar de lado os conceitos de função direta ou inversa, de coeficiente de proporcionalidade, de dependência e de independência.

Na área da proporcionalidade, existem numerosos raciocínios possíveis. Alguns são mais facilmente compreendidos e utilizados pelas crianças de 9 ou 10 anos: são os que estão baseados nas propriedades de isomorfismo da função linear:

$$f(x+x') = f(x) + f(x')$$

$$f(kx) = kf(x)$$

$$f(kx + k'x') = kf(x) + k'f(x')$$

Outros raciocínios são mais delicados, mesmo para alunos de 15 anos, como o que subjaz a técnica da regra de três. Uma perspectiva com base no desenvolvimento se torna então bem-vinda. Entretanto, frequentemente esses são os mesmos raciocínios que são compreendidos mais facilmente pelas crianças ou adolescentes, e pelos adultos, notadamente os que não tiveram grande sucesso em matemática.

Além disso, as interpretações de Piaget são bastante discutíveis, pelo menos, muito insuficientes. Por exemplo, a compreensão do equilíbrio da balança não é fundamentalmente dependente de um raciocínio que se baseia no grupo INRC das quatro transformações proposicionais, exceto por uma analogia relativamente superficial. Devemos nos ocupar de grandezas variáveis e das suas relações. O momento das forças em cada um dos braços é uma função bilinear da massa suspensa e da distância entre o prisma de suporte da balança e o ponto de fixação. A independência das duas variáveis é essencial, e supõe teoremas implícitos do tipo: “é proporcional à distância quando a massa é considerada constante, e proporcional à massa, quando a distância é considerada constante”.

A proporção inversa entre peso e distância só é verdadeira quando nada mudamos no outro lado do travessão: mantemos, assim, constante, o produto massa x distância. Para compreender o equilíbrio da balança, o conceito de momento (ou seu equivalente implícito) é, então, essencial, assim como o da bilinearidade.

O grupo INRC quase nada traduz da rede das relações entre variáveis quantitativas. Aliás, de uma forma mais geral, assim que grandezas estão em jogo, a abordagem lógica aparece ridiculamente insuficiente. Esta insuficiência já é visível para o conceito de número, para o qual Piaget subestima o critério da adição, enquanto que é justamente a adição que distingue radicalmente as relações numéricas das relações de ordem e de equivalência; o número não é a síntese operatória das classes e das relações de ordem, mesmo que classe e ordem sejam condições necessárias ao conceito de número. O formalismo da teoria da medida

$$\text{Card}(A \cup B) = \text{card}(A) + \text{card}(B) \text{ desde que } A \text{ e } B \text{ estejam disjuntos,}$$

caracteriza melhor que qualquer formalismo lógico a conquista cognitiva que representa a aquisição do conceito de número. A descoberta da não conservação das quantidades discretas nas crianças menores, descoberta claramente notável, provavelmente impediu Piaget de entender mais completamente os progressos da quantificação.

Escrevendo o que acabei de escrever, tenho consciência de ser severo demais.

Na verdade, ao mesmo tempo em que caía em certo reducionismo lógico, Piaget conduzia pesquisas que mostravam seu interesse pelas operações de pensamento que não provinham da lógica, mas da conceitualização do espaço, do movimento, do acaso. Este Piaget, hoje, segue sendo de grande interesse e mostra que as conceitualizações específicas dos diferentes domínios de conhecimento não lhe eram estranhas. Simplesmente, ele não se engajou em estudá-las tão completamente quanto à perspectiva logicista, que ele acreditava ser mais poderosa do que era na realidade. Além disso, interessando-se pelo desenvolvimento da inteligência e do pensamento, e não pela educação, Piaget não viu que os problemas de aprendizagem na escola poderiam trazer à sua epistemologia genética uma abundante quantidade de fenômenos. Para isso, seria ainda necessário que ele reconhecesse nos processos de conceitualização específicos das disciplinas e das subdisciplinas escolares, processos dignos de interesse para a teoria geral que ele queria elaborar. Mas esse não foi o caso.

Naturalmente, a didática não poderia se contentar com uma abordagem piagetiana para descrever e analisar os processos de aprendizagem e os métodos de ensino. Ela se inspirou também na epistemologia das disciplinas e em sua história. Era mais produtivo, para os estudiosos da didática da matemática, compreender as dificuldades dos conceitos de número, de figura, de referência, de variável, de função, por meio das transformações que esses conceitos sofreram ao longo da história, e que sofrem durante as aprendizagens escolares, do que procurar utilizar as formalizações de Piaget referentes aos períodos do desenvolvimento. O mesmo se aplica aos estudiosos da didática da física ou da biologia.

Entretanto, uma abordagem sob a perspectiva do desenvolvimento é essencial para a pesquisa em didática, e é uma grande lição para os pesquisadores constatar que Piaget é uma referência da qual não se pode escapar nos meios da educação, ainda que seu empreendimento científico não trate necessariamente da educação.

O quadro teórico dos “campos conceituais” nasceu dessa preocupação em ter os meios de captar as filiações e as rupturas durante as aprendizagens escolares e profissionais. Se não podemos nos ater aos períodos gerais de pensamento totalmente ordenados, mas se devemos, por outro lado, apreender o desenvolvimento das competências e das conceitualizações em sua variedade e em suas diferenças, somos levados a assumir várias posições, as quais devemos agora, resumir.

- 1) As situações que as crianças estão, progressivamente, capazes de dominar, formam um conjunto parcialmente ordenado, jamais totalmente ordenado, exceto localmente.
- 2) As competências resultam das formas de organização da atividade colocadas em ação, isto é, os esquemas: estes estão ao mesmo tempo sob o controle da instituição encarregada de transmiti-los (família, escola, comunidade de trabalho) e sob o controle do sujeito individual que aprende.

- 3) As situações são, ao mesmo tempo, a fonte e critério de conhecimento. É em situação que aprendemos; um conhecimento que não é operatório, não é realmente um conhecimento.
- 4) A colaboração e a comunicação com os outros, par ou adulto mais capaz, é essencial na formação dos esquemas e das conceitualizações necessárias ao sucesso.
- 5) A linguagem transforma os conceitos-em-ato e os teoremas-em-ato em conceitos e teoremas suscetíveis de serem comunicados e debatidos, quanto à sua pertinência e veracidade.
- 6) Expressar-se por meio de palavras é uma competência difícil de conquistar, inclusive para profissionais e cientistas de alto nível. Um tratado científico ou técnico é a parte visível de um iceberg cuja maior parte se baseia na ação e na experiência.

Um campo conceitual é, por definição, um conjunto de situações e um conjunto de conceitos. São as situações que dão sentido aos conceitos, pelo viés da atividade do sujeito que aprende; são os conceitos-em-ato e os teoremas-em-ato, contidos nos esquemas, que permitem tratar essas situações. Um bom exemplo é o das estruturas aditivas. O conceito de número não emerge com todas as suas propriedades durante a aprendizagem-desenvolvimento da criança, mas somente com certas propriedades sucintas que permitem à criança compreender e tratar um pequeno número de classes de situações: aumento (conhecido) de uma pequena coleção de elementos discretos (igualmente conhecida), união de duas partes (conhecidas) em um todo. Essas situações prototípicas não são modelos suficientes para tratar outras classes de situações, embora vizinhas das duas primeiras, especialmente a busca de um estado inicial quando se conhece o estado final e a diminuição sofrida, e igualmente os diferentes casos de subtração, que são bastante numerosos. Quando as transformações de sinais diferentes são compostas e decompostas, as operações de adição e de subtração se tornam delicadas, a tal ponto que a maioria de alunos de 15 anos não consegue resolver corretamente um problema contendo apenas uma adição, se esta representa a diferença entre duas transformações de sinal contrário. As operações de pensamento necessárias para decidir que operação deve ser feita, supõem conceitualizações relativamente complexas, que são representáveis por cálculos no conjunto dos números relativos, mas que não são acessíveis a todos os alunos, mesmo quando eles aprenderam os números relativos.

Outro exemplo do campo conceitual é o da reprodução vegetal, para o qual o sistema de conceitos cotidianos (flor, fruto, grão) é, ao mesmo tempo, um ponto de apoio e um obstáculo para as conceitualizações acadêmicas transmitidas pela escola.

Os conceitos formam um sistema, mas o sistema assim formado não se constrói de uma só vez. Ele se desenvolve durante a experiência, em função das situações encontradas e das provocações organizadas pelos professores, pela família e pelos formadores. Ele é então o

produto da atividade do sujeito, diante dos eventos contingentes de sua história pessoal e profissional. Durante este processo, observam-se, ao mesmo tempo, filiações e rupturas. Os conhecimentos anteriores são, ao mesmo tempo, pontos de apoio e obstáculos possíveis para os conhecimentos mais evoluídos.

Os conhecimentos formulados em palavras, enunciados e textos, apoiam-se em um conjunto considerável de encontros com situações de ação e de troca com o outro. A lógica tem um papel relativamente fraco nesse processo.

4 - AÇÃO, OPERAÇÃO, PERCEPÇÃO, ABSTRAÇÃO, LINGUAGEM: TUDO FOI DITO?

Piaget teve muitas ideias. Que nem todas tenham sido igualmente felizes, não é de se surpreender. Ressaltando as operações e sua estruturação em “estruturas de conjunto”, como os agrupamentos e grupos, Piaget distanciou-se, ao mesmo tempo, da percepção e do peso da percepção nas teorias do pensamento, como também da ação simples, a que permite agir sobre os objetos materiais e sociais. Ser ativo, para Piaget, não se resume na operação material sobre objetos manipuláveis (como os concebidos intencionalmente para a aprendizagem dos bebês e das crianças pequenas); é também, e sobretudo, operar em pensamento sobre as propriedades dos objetos e sobre suas relações: por negações, inversões, anulações, combinações... Em outros termos, é viajar em um sistema coordenado de operações de pensamento, que se baseiam certamente em ações materiais, em alguns casos. Porém, nem todas são dependentes das ações materiais, muito pelo contrário, uma vez que o mundo dos possíveis se torna, na adolescência, segundo Piaget, o conjunto de referência cujo mundo real é apenas um caso particular.

É necessário atribuir a Piaget o crédito dessa audácia teórica. Contudo, para tanto, é necessário opor os processos figurativos aos processos operativos, os quais são, naturalmente inseparáveis na atividade, já que não há ação sem coleta de informação, e que a estrutura das percepções e das evocações é um determinante essencial da organização da ação. Aliás, a percepção implica operações de pensamento importantes.

Se a percepção põe em jogo operações de pensamento mais complexas do que parece, é porque sua função é a de identificação de situações de objetos, de suas propriedades e relações, assim como de processos de transformação aos quais eles se prestam. Em outros termos, a percepção é conceitualização, e ela nem é dada pronta pelo aparato genético, nem simples leitura passiva de situações vividas. Bartlett cita este exemplo eloquente de três personagens que passeiam pela montanha; um é geólogo, outro é especialista em biologia vegetal e o terceiro é pintor. Eles não percebem a mesma coisa, nos diz Bartlett: nem suas intenções, nem suas categorias de pensamento os conduzem a coletar as mesmas informações. A percepção é atividade. É, aliás, o que mostra o próprio Piaget em numerosas pesquisas sobre a percepção. Assim, o aspecto operatório da percepção deve ser reconhecido como tal.

Se aprofundarmos um pouco essa ideia, à luz do conceito de esquema definido acima, aparece, de fato, que a coleta de informação e o controle são condições essenciais da eficácia da ação.

No exemplo do esquema de contagem, as crianças que seguem fracassando ao afirmar a correspondência biunívoca entre os objetos e a sequência de palavras-número, como é o caso de algumas crianças com lesão cerebral, são justamente as que não conseguem organizar a sequência de olhares necessários.

Portanto, a atividade perceptiva e a coleta de informação fazem, então, parte da atividade operatória. É até mesmo uma competência difícil em um esporte coletivo como o futebol, levando-se em conta a rapidez do jogo. No tratamento de um sistema de equações algébricas, observamos igualmente, estudando os erros dos alunos dos últimos anos do ensino fundamental, que muitos erros estão relacionados a uma coleta de informação lacunar ou errônea das informações contidas nas linhas que precedem a linha que é o objeto da atividade atual. A conceitualização é essencial na escolha da informação pertinente, mas, em contrapartida, a escolha da informação pertinente é essencial na atividade conceitual.

Podemos nos perguntar por que Piaget, em certas obras, volta regularmente à oposição perceptivo/operativo. Certamente, essas duas dimensões não são uma única e mesma coisa, e Piaget tem o cuidado em fazer análises refinadas. Mas me parece que esta dualidade não é inocente e alimenta algumas das teses importantes de Piaget contra o empirismo: a distinção entre abstração simples e abstração refletidora, ou a diferença entre o pensamento dito “lógico-matemático” e o pensamento físico.

Piaget ficou impressionado pelo fato de, julga ele, a matemática fornecer, como base do raciocínio formal, teorias que se revelam adequadas, posteriormente e de forma quase milagrosa, para modelizar os fenômenos empíricos da física. Podemos até mesmo considerar que essa distinção entre conhecimento lógico-matemático e conhecimento físico é, em algumas obras de Piaget, como a introdução à epistemologia genética, mais decisiva ainda que a referência à biologia.

Logo, há espaço para questionarmos essa concepção de Piaget sobre as relações entre conhecimento do mundo físico e conhecimento matemático. Ela tem o sinete do idealismo filosófico e não é um paradoxo menor que Piaget tenha adotado tal posição, uma vez que ele mesmo havia estudado um tanto detalhadamente o papel da atividade material da criança na conceitualização do espaço. É, então, colocando no centro da reflexão e da pesquisa em psicologia, os esquemas da atividade material sobre as figuras, as posições e as transformações espaciais, assim como os esquemas que concernem às quantidades e às grandezas mensuráveis, que podemos reestabelecer, sem opô-las, as relações entre conhecimentos matemáticos e conhecimentos físicos. Deparamo-nos, assim, com a dimensão pragmática da matemática, como conjunto estruturado de áreas de atividade e de conceitualização. Por exemplo, por que soa mal opor a mecânica, como teoria do movimento,

à geometria como teoria do deslocamento? Por que a primeira seria dependente da abstração simples e a segunda da abstração refletidora?

É necessário, então, se interessar pelos processos de abstração para trazer à tona certos aspectos da teoria piagetiana. Entretanto, foi justamente distinguindo vários processos de abstração, que Piaget pôde avançar ideias sugestivas sobre a consciência e a tomada de consciência, ideias que, em muitos aspectos, vão ao encontro das de Vigotski. Vigotski evocou várias vezes em sua obra *Pensamento e Linguagem* o efeito retroativo da aprendizagem da língua escrita sobre a aprendizagem da língua oral, da aprendizagem de uma língua estrangeira sobre a aprendizagem da língua materna ou, ainda, o da aprendizagem da álgebra sobre a da aritmética.

De uma forma mais geral, ele distingue dois níveis de consciência, o que permite fazer, e que condiciona o sucesso (pré-consciência), e o que permite retomar as razões do sucesso ou do fracasso, e que condiciona a estabilização e a explicitação dos conhecimentos (pós-consciência). Se aproximarmos essa análise da análise de Piaget, podemos dizer que a pré-consciência é necessária para ter sucesso, e a pós-consciência, para compreender e debater com outros sobre as condições do sucesso.

Assim, com a distinção entre “ter sucesso e compreender”, e com a ideia que a abstração reflexionante está presente nas operações do sujeito que conhece, Piaget nos deixa uma tese profunda e útil para a educação que, de maneira espetacular, vai ao encontro do ponto de vista de Vigotski. Contudo, por que os conhecimentos da física, da biologia, da moral ou da linguística seriam desprovidos do processo de abstração reflexionante?

Na verdade, não é tanto a distinção entre abstração simples e abstração reflexionante que é o problema, mas a atribuição da primeira a certas ciências consideradas como empíricas e a atribuição privilegiada da segunda à matemática, considerada como não empírica.

Para a didática da matemática, hoje, é difícil se privar da ideia de que a matemática é, inicialmente, um conhecimento pragmático, como as outras ciências. A matemática é, então, para os alunos, um conhecimento proveniente da experiência das situações nas quais precisamos medir, combinar e descombinar medidas, identificar figuras e analisar suas propriedades, demarcar posições e mudanças de posição, compreender, nas transformações geométricas e numéricas, o que foi modificado e o que foi conservado. Foi somente em uma fase relativamente tardia de seu desenvolvimento que as estruturas matemáticas se tornaram sistemas axiomatizáveis e formalizáveis. Não se deve, então, confundir “alhos com bugalhos”.

Acontece, entretanto, que os campos conceituais, que permitem circunscrever e analisar os processos de desenvolvimento cognitivo e as aprendizagens escolares em matemática, são um tanto rapidamente sujeitados a sistemas de relações necessárias entre si, enquanto os campos conceituais da física deixam uma margem de incerteza maior entre as relações que as caracterizam em razão de variáveis escondidas, logo, hipotéticas, e dos limites dos processos de aproximação.

5 - QUAL É O LUGAR DA LINGUAGEM E DO SIMBOLISMO?

Piaget teve o mérito de descobrir os conhecimentos implícitos na ação. Fazendo isso, ele provavelmente se desinteressou demais pelo papel da linguagem e do simbolismo. Entretanto, sua ideia de operação formal deveria tê-lo conduzido a olhar de perto a relação destas operações com as manipulações simbólicas, notadamente em matemática. Ele praticamente não o fez, e sua própria paixão pelos simbolismos formais (seu tratado sobre lógica, por exemplo), não o conduziu a pesquisar nos adolescentes os traços de uma ruptura qualitativa no uso dos simbolismos.

Trata-se, então, de um campo que permanece inexplorado, e isto é tão verdadeiro, pois que, expressar-se por palavras ou símbolos ocupa um lugar importante na atividade humana hoje, na educação e no trabalho.

Os esquemas de linguagem, discursivos e comunicativos, começaram a ser estudados há uns vinte anos, sobretudo no caso das conversas do dia a dia, nem tanto para as conversas profissionais, como também no das trocas em sala de aula. Eles permitem, todavia, compreender melhor as relações entre conhecimentos-em-ato e conhecimentos explícitos.

O que a invariância do simbolismo traz para os invariantes operatórios? Que efeito retroativo o simbolismo usado por cientistas e professores tem sobre a conceitualização que intervém na ação? Podemos ver que ainda é em direção ao conceito de esquema e em direção ao par situação-esquema, que voltamos, mais uma vez, para tentar avançar.

Os esquemas de expressão em palavras estão associados a situações de enunciação e de debate, sobre as quais poucas análises científicas foram conduzidas. Entretanto, podemos considerar que o círculo se fechou. A forma operatória do conhecimento, primeiramente pesquisada na ação bem sucedida, distingue-se claramente da forma predicativa do conhecimento, que consiste em enunciados e em textos. Contudo, uma vez que, por um lado, tomemos consciência do peso da comunicação e do caráter intersubjetivo do conhecimento construído na educação e no trabalho e, por outro, da função de representação das formas linguísticas e simbólicas, somos conduzidos a reconhecer o valor operatório da forma predicativa do conhecimento.

Não agimos sobre o outro somente quando falamos com ele, o que os linguistas pragmáticos afirmam já há várias décadas, mas agimos sobre nós mesmos, modificando o estado de nossos próprios conhecimentos: um conhecimento colocado em palavras e em símbolos não é mais o mesmo conhecimento.

REFERÊNCIAS

- BARTLETT, F. (1932). *Remembering a study in experimental and social psychology*. New York and London: Cambridge University Press.
- BROUSSEAU, G. (1998) *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La pensée Sauvage.

BRUN, J. ; CONNE, F. ; LEMOYNE, G. ; PORTUGAIS, J. (1994) La notion de schème dans l'interprétation des erreurs des élèves à des algorithmes de calcul écrit. *Cahiers de le recherche en Education*, 1 (1), 117-132.

PIAGET, J.(1949). *Introduction à l'épistémologie génétique*. Paris : PUF.

PIAGET, J. (1974). *Biologie et connaissance*. Paris : PUF.

PIAGET, J. & INHELDER, B. (1966). *L'image mentale chez l'enfant*, Paris : PUF.

REVAULT D'ALLONNES, G. (1920). Le mécanisme de la pensée: les schèmes mentaux. *Revue philosophique*, XC; fac simile dans *Psychologie française*, 2000, 45.

VERGNAUD, G.(1991). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactique des mathématiques*, 10, 2-3, pp.135-169.

VERGNAUD, G.& RÉCOPÉ, M. (2000). De Revault d'Allonnes à une théorie du schème aujourd'hui. *Psychologie française*, 45-1, pp. 35-50.

VYGOTSKI, S. (1985). *Pensée et langage*, Paris: Editions Sociales (original de 1934).